தமிழ் வெளியீட்டுக் கழக வரிசை எண்—226

மின்னியல் – காந்தவியல்

(மூன்றாம் புத்தகம்)

(பட்டப்படிப்புக்குரியது)

ஆசிரியர்

டி. ஏ. கருப்பண்ணன்,

பேராசிரியர், பௌதிகத்துறை,

பூ.சா.கோ. கலைக் கல்லூரி,

கோவை.

தமிழ் வெளியீட்டுக் கழகம்

தமிழக அரசு

First Edition—April, 1970
B.T.P. No. 226

© Bureau of Tamil Publications

ELECTRICITY AND MAGNETISM—III For B.Sc.

T. A. KARUPPANNAN

Net Price Rs. 4-25
(No discount)

Printed by
KUMARAN PRESS,
298, Mint Street,
Madras-1.

அணிந்துரை

(திரு. இரா. நெடுஞ்செழியன், தமிழகக் கல்வி-சுகாதார அமைச்சர்)

தமிழைக் கல்லூரிக் கல்வி மொழியாக ஆக்கி எட்டு ஆண்டுகள் ஆகிவிட்டன. குறிப்பிட்ட சில கல்லூரிகளில் பி.ஏ., வகுப்பு மாணவர்கள் தங்கள் பாடங்கள் அனைத்தையும் தமிழிலேயே கற்று வந்தனர். 1968ஆம் ஆண்டின் தொடக்கத்தில் புதுமுக வகுப்பிலும் (P.U.C.), 1969 ஆம் ஆண்டிலிருந்து பட்டப்படிப்பு வகுப்புகளிலும் விஞ்ஞானப் பாடங்களையும் தமிழிலேயே கற்பிக்க ஏற்பாடு செய்துள்ளோம். தமிழிலேயே கற்பிப்போம் என முன் வந்துள்ள கல்லூரி ஆசிரியர்களின் ஊக்கம், பிறபல துறைகளிலும் தொண்டு செய்வோர் இதற்கெனத் தந்த உழைப்பு, தங்கள் சிறப்புத் துறைகளில் நூல்கள் எழுதித் தர முன்வந்த நூலாசிரியர்கள் தொண்டுணர்ச்சி இவற்றின் காரணமாக இத் திட்டம் நம்மிடையே மகிழ்ச்சியும் மன நிறைவும் தரத்தக்க வகையில் நடைபெற்றுவருகிறது. இவ்வகையில், கல்லூரிப் பேராசிரியர்கள் கலை, அறிவியல் பாடங்களை மாணவர்க்குத் தமிழிலேயே பயிற்றுவிப்பதற்குத் தேவையான பயிற்சியைப் பெறுவதற்கு மதுரைப் பல்கலைக் கழகம் ஆண்டுதோறும் எடுத்துவரும் பெருமுயற்சியைக் குறிப்பிட்டுச் சொல்லவேண்டும்:

பல துறைகளில் பணிபுரியும் பேராசிரியர்கள் எத்தனையோ நெருக்கடிகளுக்கிடையே குறுகிய காலத்தில் அரிய முறையில் நூல்கள் எழுதித் தந்துள்ளனர்.

வரலாறு, அரசியல், உளவியல், பொருளாதாரம், தத்துவம், புவியியல், கணிதம், பௌதிகம், வேதியியல், உயிரியல், வானியல், புள்ளியியல் ஆகிய எல்லாத் துறைகளிலும் தனி நூல்கள், மொழி பெயர்ப்பு நூல்கள் என்ற இரு வகையிலும் தமிழ் வெளியீட்டுக் கழகம் நூல்களை வெளியிட்டு வருகிறது.

இவற்றுள் ஒன்றான 'மின்னியல் - காந்தவியல்—III' என்ற இந் நூல் தமிழ் வெளியீட்டுக் கழகத்தின் 226ஆவது வெளியீடாகும். இதுவரை 261 நூல்கள் வெளிவந்துள்ளன.

உழைப்பின் வாரா உறுதிகள் இல்லை; ஆதலின் உழைத்து வெற்றி காண்போம். தமிழைப் பயிலும் மாணவர்கள் உலக மாணவர்களிடையே சிறந்த இடம் பெறவேண்டும்; அதுவே தமிழன்னையின் குறிக்கோளுமாகும். தமிழ்நாட்டுப் பல்கலைக் கழகங்களின் பலவகை உதவிகளுக்கும் ஒத்துழைப்புக்கும் நம் மனம்கலந்த நன்றி உரித்தாகுக.

இரா. நெடுஞ்செழியன்

உள்ளுறை

III. மின்னேட்ட இயல்—(தொடர்ச்சி)

பக்கம்

18. மின்னேட்ட வேதியியல் விளைவுகள் ... 1

மின்னேட்டத்தின் வேதியியல் விளைவுகள்—பாரடேயின் மின்பகுப்பு விதிகள் —மின்பகுப்பு விதிகளைச் சரிபார்த்தலும் மின் வேதிய எண்ணைச் சோதனை மூலம் கண்டுபிடித்தலும் — ஹைடிரஜனின் மின் வேதிய எண்—தாமிரத்தின் மி.வே. எண்.—வெள்ளியின் மின் வேதிய எண் — சர்வதேச ஆம்பியர் — டேன்ஜன்ட் கால்வனே மீட்டரின் சுருக்க எண்ணைக் கண்டுபிடித்தல்—தொழிலியலில் மின்பகுப்பின் உபயோகங்கள் — மின்னூற்பகுப்பு முறையில் உலோகங்களைப் பிரித்தெடுத்தல்—வேதியியல் பொருள்களை உண்டாக்கல்—உலோகங்களைத் தூய்மையாக்கல்—மின்முலாம் பூசுதல்—மின் அச்செடுத்தல்—மின்பகு திரவங்களின் கடத்துதிறனைக் கண்டுபிடித்தல்—இணைமாற்றுக் கடத்துதிறனும் மூலக்கூறு கடத்துதிறனும்—மின்பகு கடத்தலின் பிரிகைக் கொள்கை—அயனிகளின் நகர்வு — மின் பெயர்ச்சி எண்ணைக் கண்டுபிடித்தல்—மின்வாய்களிடத்து வேதியியல் வினை ஏற்படாத மின்னூற் பகுப்பு — மின்வாய்களிடத்து வேதியியல் வினை ஏற்படும் மின்னூற் பகுப்பு—அயனிகளின் தனித் திசைவேகம்—நேரடியாக அயனிகளின் நகர்வைக் கண்டுபிடித்தல் — நெர்ன்ஸ்டின் எல்லை மின் அழுத்த வேறுபாட்டுக் கொள்கை — நேர் மாருக்கத்தக்க மின்கலத்தின் மின்னியக்கு விசையைக் கணக்கிடுதல் —ஜிப்ஸ்-ஹெல்மோல்ட்ஸ் சமன்பாடு — துணை மின்கலங்கள்—எடிசன் காரமின் சேமிப்புக் கலன்.

19. மின்காந்தத் தூண்டல் ... 47

மின்காந்தத் தூண்டல்—மின்காந்தத் தூண்டல் விதிகள்—மின்காந்தத் தூண்டல் விதிகளைச் சோதனை

பக்கம்

மூலம் நிரூபித்தல் — ஃபிளெமிங் வலக்கை விதி — தூண்டு மின்னியக்கு விசையின் அளவெண் கணக்கிடல்—ஓர் மூடிய சுற்றில் தூண்டு மின்னோட்டம்—ஓர் சீர் காந்தப் புலத்தில் சீராகச் சுழலும் சுருளில் தூண்டு மின்னியக்கு விசை — ஃபூகோ அல்லது சுழி மின்னோட்டம்—சுழி மின்னோட்டம் கடத்திகளில் ஏற்படுவதை விளக்கும் சோதனைகள் —சுழி மின்னோட்டத்தின் தடையூட்ட, வெப்ப விளைவுகளின் பயன்கள்—தன் மின் தூண்டல்—தன் மின் தூண்டல் விளைவை விளக்கும் சோதனைகள் – தன்மின் தூண்டல் எண்—ஒரு தூண்டுச் சுற்றின் வழியாக ஒரு நிலை மின்னோட்டத்தை ஏற்படுத்தச் செய்த வேலை — பரிமாற்று மின் தூண்டல்—பரிமாற்று மின் தூண்டல் எண்—ஒரு வரிச் சுருளின் தன்மின் நிலைம எண்—முனையிலா வரிச் சுருளின் அல்லது நங்கூர வளையத்தின் மின் நிலைம எண்— இரு பொதுமைய வரிச் சுருளின் பரிமாற்று மின் நிலைம எண் கணக்கிடல் —இணைப்புக் குறி எண்—தன் மின் தூண்டல் எண்ணை அளத்தல்—ராலே முறை—பரிமாற்று மின் தூண்டல் எண் காணல் — பரிமாற்று மின் நிலைம எண்களை ஒப்பிடுதல்—அலைவு காட்டும் கால்வனு மீட்டரைப் படித்தரம் பார்த்தல்— ஹிப்பெர்ட் காந்தப் படித்தரம்— புவி தூண்டு மின் சுருள் — புவி தூண்டு மின் சுருளைப் பயன்படுத்தி ஓர் இடத்தின் சரிவைக் காணல் — ஒரு புவி தூண்டு மின் சுருள், ஒரு படித்தர வரிதூண்டு மின் சுருள் இவைகளை உபயோகித்து, H, V. இவைகளின் மதிப்பைக் காணல்—வலிமை மிக்க காந்தப் புலங்களை அளத்தல்—மின் நிலைமம், மின்தடை இவைகளைக் கொண்ட ஒரு மின்சுற்றில் மின்னோட்ட வளர்ச்சி — மின் நிலைமம், மின்தடை இவைகளைக் கொண்ட ஒரு மின் சுற்றில் மின்னோட்டச் சிதைவு — மின்தடை, மின் தேக்கி இவைகளைக் கொண்ட மின்சுற்றில் மின்னூட்ட வளர்ச்சி—ஒரு மின்தடையின் வழியாக ஒரு மின் தேக்கியின் மின்னிறக்கம்—கசிவு முறையில் உயர் மின் தடையை அளத்தல்—ஒரு மின் நிலைமம் ஒரு மின்தடை இவைகளோடு தொடர் இணைப்பில் சேர்க்கப்பட்ட, ஒரு மின் தேக்கியில் மின்னூட்ட வளர்ச்சி — தூண்டு மின் சுருள்.

பக்கம்

20. மாறுதிசை மின்னோட்டம் (Alternating Current) ... 129

மாறுதிசை மின்னியக்கு விசை—மாறுதிசை மின்னியக்கு விசை, மின்னோட்டத்தின் சராசரி மதிப்புகள்—சராசரி இருமடியின் இருமடி மூலத்தின் மதிப்பு — மாறுதிசை மின்னோட்ட மின் சுற்றுகள்—மின் நிலைமம் மின் சுற்று—மின் தேக்கு திறனுடன் கூடிய மின்சுற்று—மின் நிலைமம் தடை தொடர் இணையாக உள்ள மின் சுற்று—மின் தேக்கு-தடை தொடர் இணையாக உள்ள மின் சுற்று — மின்தடை, மின் நிலைமம், மின் தேக்கி தொடரிணையாக உள்ள மின் சுற்று—தொடர் இணை ஒத்திசை மின் சுற்று—வரைபட விளக்கம்—பக்க இணை ஒத்திசை மின் சுற்று — மாறுதிசை மின் சுற்றின் திறன்—சோக்கு—சோக்கின் அமைப்பு—மின்மாற்றி—தடை மின்மாற்றி—புற விளைவு—டெஸ்லா சுருள்—மின்னியற்றிகளும் மோட்டார்களும் — மாறுதிசை மின்னோட்ட மின்னியற்றி—நேர் மின்னோட்ட மின்னியற்றி—மின்னியற்றியின் அமைப்பு — உருளை ஆர்மெச்சூரின் அமைப்பு — தொடரிணையாகச் சுற்றப்பட்ட மின்னியற்றி—இணைத் தட மாற்றிச் சுற்றிய மின்னியற்றி—கூட்டுச் சுற்று மின்னியற்றி—மின்கல அடுக்கிற்கு மின்னூட்டம் செய்தல்—மோட்டார்கள்—பின் மின்னியக்கு விசையும் தொடக்கத் தடையும்—தூண்டு மோட்டார்—மோட்டாரின் பயனுறுதிறன்—மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின் உற்பத்தியும் விநியோகமும்.

21. மின் அலகுகளைத் தனி நிர்ணயம் செய்தல் (Absolute determination of electrical units) ... 189

மின் அலகுகளின் முறைகள்—தனி அனைத்துலக நடைமுறை அலகுகள் — 'ஓம்' மைத் தனி நிர்ணயம் செய்தல் — மின்னோட்டத்தைத் தனி நிர்ணயம் செய்தல்—வோல்ட்டின் தனி நிர்ணயம்.

22. வாயுக்களினூடே மின் கடத்தல் (Conduction of electricity through gases) .. 196

மின்னிறக்கக் குழாய்—எதிர் மின்வாய்க் கதிர்களின் பண்புகள் —நேர்க் கதிர்கள்—எக்ஸ் கதிர்கள்—கூலிட்ஜ் எக்ஸ்ரே குழாய்—எக்ஸ் கதிர்களின் முக்கியப் பண்புகள்—எக்ஸ் கதிர்களின் பயன்கள் — ஒளிமின் வெளியீடு—வெப்ப அயன வெளியீடு.

கலைச் சொற்கள் ... 207

மின்னியல்-காந்தவியல்

(மூன்றும் புத்தகம்)

18. மின்னேட்ட வேதியியல் விளைவுகள்

மின்னேட்டத்தின் வேதியியல் விளைவுகள்
(Chemical effects of electric current)

ஓர் உலோகக் கம்பியின் வழியாக மின்னேட்டம் நிகழும் பொழுது குறிப்பிடத்தக்க எந்தவித விளைவுகளும் ஏற்படாவிடினும் அதன் வெப்பநிலை சிறிதளவு உயருகிறது. ஆனால், இம் மின்னேட்டம் தாமிர சல்ஃபேட்டுக் கரைசல் போன்ற திரவங்களில் நிகழும்பொழுது அவற்றில் வேதியியல் பிரிகை (chemical decomposition) ஏற்பட மூலக்கூறுகளாகப் பிரிக்கப்படுகின்றன. இத்தகைய திரவங்களை மின்பகு திரவங்கள் (electrolytes) எனவும், இவ்வாறு பிரிக்கப்படும் முறையை மின் பகுப்பு (electrolysis) எனவும் அழைக்கின்றோம். மின்பகு திரவங்களடங்கிய கலத்தை மின் பகுப்புக் கலம் (electrolytic cell) என்கிறோம். இதுவே வோல்ட்டாமீட்டர் (voltameter) என்றும் கூறப்படுகிறது. மின் பகு திரவத்தில் மின்னேட்டத்தை உள்ளேயும் வெளியேயும் செலுத்துவதற்குப் பயன்படும் உலோகத் தகடுகளுக்கு மின்வாய்கள் (electrodes) என்று பெயர். மின்னேட்டம் உள்ளே செல்லப் பயன்படும் மின்வாய் நேர்மின்வாய் (anode) எனவும், வெளியே வரப் பயன்படும் மின்வாய் எதிர்மின்வாய் (cathode) எனவும் அழைக்கப்படுகின்றன. இவைகள் முறையே மின்கலத்தின் நேர் மின்வாயுடனும் எதிர் மின்வாயுடனும் இணைக்கப்படுதல் வேண்டும். மின்பகுப்பு வினையானது மின்பகு திரவங்களின் தன்மையைப் பொறுத்திருக்கும். எடுத்துக்காட்டாகச் சிலவற்றைக் கீழே காண்போம் :

1. நீர்த்த கந்தக அமிலமூட்டப்பட்ட தண்ணீரின் வழியாக மின்னேட்டம் நிகழும்பொழுது கந்தக அமிலம், ஹைட்ரஜன் மூலக்கூறுகளாகவும் சல்ஃபேட்டு மூலக்கூறுகளாகவும் பிரிக்கப்படுகின்றன.

$$H_2SO_4 \longrightarrow H_2 + SO_4$$

ஹைட்ரஜன் வாயு எதிர் மின்வாய் அருகே தோன்றுகிறது. சல்ஃபேட்டு மூலக்கூறு மேலும் தண்ணீரோடு சேர்ந்து வேதியியல் வினை (chemical action) ஏற்பட்டு ஆக்ஸிஜனை (உயிர் வாயு) வெளியேற்றுகிறது.

$$SO_4 + H_2O \longrightarrow H_2SO_4 + O$$

இந்த ஆக்ஸிஜன் வாயு நேர்மின்வாய் அருகே தோன்றுகிறது.

2. தாமிர சல்ஃபேட்டுக் கரைசல் வழியாக மின்னோட்டம் நிகழும்பொழுது அது தாமிர மூலக்கூறுகளாகவும் சல்ஃபேட்டு மூலக்கூறுகளாகவும் பிரிக்கப்பட்டு, தாமிர மூலக்கூறுகள் எதிர் மின்வாயில் படிகின்றன.

$$CuSO_4 \longrightarrow Cu + SO_4$$

சல்ஃபேட்டு மூலக்கூறு நேர்மின்வாயை அடைந்து தாமிரத்தோடு சேர்ந்து வேதியியல் வினை ஏற்பட்டு, தாமிர சல்ஃபேட்டாக மாறுகிறது. அது தண்ணீருடன் கலக்கும்போது தாமிர சல்ஃபேட்டுக் கரைசலின் செறிவு (வீரியம்—concentration) மாறாத நிலையில் இருக்கும்.

3. வெள்ளி நைட்ரேட்டுக் (silver nitrate) கரைசல் வழியாக மின்னோட்டம் நிகழும்பொழுது பிரிக்கப்படும் வெள்ளி, எதிர்மின் வாயில் படிகிறது.

பல்வேறு மின்பகு திரவங்களின் வேதியியல் பிரிகையை ஆராய்ந்து பேரறிஞர் ஃபாரடே (Faraday) கீழ்க்கண்ட விதிகளை நிறுவினர்.

ஃபாரடேயின் மின்பகுப்பு விதிகள்

(Faraday's Laws of Electrolysis)

முதல் விதி

மின்பகு திரவத்தின் வழியாக மின்சாரம் செல்லும்போது வெளிப்படும் தனிமத்தின் எடை அந்த மின்சாரத்தின் அளவுக்கு நேர் விகிதத்தில் இருக்கும்.

இரண்டாவது விதி

பல்வேறு மின்பகு திரவங்களின் வழியாக ஒரே அளவுள்ள மின்சாரம் செல்லும்போது வெளியேற்றப்படும் தனிமங்களின் எடைகள் அந்தந்த திரவங்களின் மின் வேதிய இணைமாற்றுக்கு (chemical equivalent) நேர் விகிதத்தில் இருக்கும். ஒரு மின்பகு

திரவத்தின் வழியே Q கூலம் (coulomb) மின்சாரம் செல்லும்போது m கிராம் (gram) தனிமம் வெளிப்படுமாயின், ஃபாரடேயின் முதல் விதிப்படி,

$$m \propto Q$$
$$m = eQ$$

இங்கு e என்பது மாறிலி (constant) ; அது அத் தனிமத்தின் மின் வேதிய எண் (electro chemical equivalent) எனப்படும்.

$$\therefore e = \frac{m}{Q}$$

இந்தச் சமன்பாட்டில் $Q = 1$ கூலம் ஆயின்,

$$e = m$$

ஆகவே, ஒரு தனிமத்தின் மின் வேதிய எண்ணைக் கீழ்க் கண்டவாறு வரையறுக்கலாம். ஒரு மின்பகு திரவத்தின்வழியே ஒரு கூலம் மின்சாரம் செல்லும்போது வெளிப்படும் தனிமத்தின் எடை அந்தத் தனிமத்தின் மின் வேதிய எண் என்று சொல்லப்படும். அது கிராம்/கூலம் என்ற அலகினால் குறிக்கப்படுகிறது. பல்வேறு தனிமங்களின் மின் வேதிய எண் (electro chemical equivalent), இணைமாற்று நிறை (equivalent weight) அவைகளின் ஒரு கிராம் இணைமாற்று நிறையை (one gramme equivalent) வெளியேற்றத் தேவையான மின்சாரம் ஆகியவைகளைக் கீழ்வரும் அட்டவணை காட்டுகிறது.

தனிமம்	மின். வே. எண் Electro chemical equivalent-(e)	இணைமாற்று நிறை (Equivalent wt.) அல்லது வேதிய ஒப்புமை (E)	ஒரு கிராம் இணைமாற்று நிறையை வெளிப்படுத்தத் தேவையான மின்சாரம் $\left(\frac{E}{e}\right)$
ஹைட்ரஜன்	·0000104	1·008	96900
ஆக்ஸிஜன்	·0000829	8·000	96490
தாமிரம்	·0003295	37·785	96450
வெள்ளி	·0011180	107·88	96560

எல்லாப் பொருள்களிலும் ஒரு கிராம் இணைமாற்று நிறையை வெளியேற்றக் கிட்டத்தட்ட ஒரே அளவுள்ள மின்சாரம் தேவைப் படுகிறது என்பது இந்த அட்டவணையிலிருந்து தெரியவருகிறது. இந்தக் குறிப்பிட்ட அளவு மின்சாரம் 'ஒரு ஃபாரடேயின் மின்சாரம்' (one Faraday of electricity) எனப்படும்.

ஃபாரடேயின் இரண்டாவது விதிப்படி மூன்று பல்வேறு கரைசல்களின் மின் வேதிய இணைமாற்றுகள் (chemical equivalent) முறையே E_1, E_2, E_3 ஆக இருந்து அதன் வழியே ஒரே அளவுள்ள Q கூலம் மின்சாரத்தைச் செலுத்தும்போது அம் மூன்று கரைசல்களிலும் வெளிப்படும் தனிமத்தின் எடைகள் முறையே m_1, m_2, m_3 ஆக இருந்தால்,

$$\frac{m_1}{E_1} = \frac{m_2}{E_2} = \frac{m_3}{E_3} = \text{ஒரு மாறிலி.}$$

அம் மூன்று கரைசல்களின் மின் வேதிய எண்களை (electro chemical equivalent) முறையே e_1, e_2, e_3 ஆகக் கொள்வோமாயின்,

$$m_1 = e_1 Q$$
$$m_2 = e_2 Q$$
$$m_3 = e_3 Q$$

$$\therefore \quad \frac{e_1 Q}{E_1} = \frac{e_2 Q}{E_2} = \frac{e_3 Q}{E_3} = \text{ஒரு மாறிலி}$$

அல்லது

$$\frac{e_1}{E_1} = \frac{e_2}{E_2} = \frac{e_3}{E_3} = \text{ஒரு மாறிலி}$$

அல்லது

$$e_1 \propto E_1$$
$$e_2 \propto E_2$$
$$e_3 \propto E_3$$

ஆகவே, ஃபாரடேயின் இரண்டாவது விதியிலிருந்து நாம் அறிவது, ஒரு தனிமத்தின் மின்வேதிய எண் அதனுடைய வேதிய இணைமாற்றுக்கு நேர் விகிதத்தில் இருக்கும் என்பதாகும்.

காட்டாக, ஹைட்ரஜனுக்கு

(மி.வே.எ.) $e = \cdot 00001044$ கிராம்/கூலம்

(வே.இ.) $E = 1\cdot 008$ கிராம்

$$\therefore \quad \frac{E}{e} = \frac{1\cdot 008}{\cdot 00001044}$$

$$= 96500 \text{ கூலம்கள் (கிட்டத்தட்ட)}$$

தாமிரத்திற்கு

$$(\text{மி. வே. எ.})\ e = \cdot 0003295 \text{ கி/கூ.}$$

$$(\text{வே. இ.})\ E = 31\cdot 8 \text{ கி.}$$

$$\frac{E}{e} = \frac{31\cdot 8}{\cdot 0003295}$$

$$= 96500 \text{ கூலம்கள் (கிட்டத்தட்ட)}$$

வெள்ளிக்கு

$$(\text{மி.வே.எ.})\ e = \cdot 001118 \text{ கி/கூ}$$

$$(\text{வே.இ.})\ E = 107\cdot 9 \text{ கி.}$$

$$\frac{E}{e} = \frac{107\cdot 9}{\cdot 001118}$$

$$= 96500 \text{ கூலம்கள் (கிட்டத்தட்ட)}$$

ஆகவே, ஃபாரடேயின் இரண்டாவது விதியிலிருந்து ஒரு கிராம் இணைமாற்று நிறையை வெளிப்படுத்தத் தேவையான மின் அளவு (அதாவது வேதிய இணைமாற்றுக்கும் மின் வேதிய எண்ணுக்கும் உள்ள விகிதம்) கிட்டத்தட்ட 96,500 கூலம்கள் என அறியப்படுகிறது.

ஓரணுத்திறன் தனிமத்தில் (monovalent element) அத் தனிமத்தின் ஒரு கிராம் இணைமாற்றும் (gram equivalent) ஒரு கிராம் அணுவும் (gram atom) சமமாக இருப்பதால், ஒரு கிராம் அணுவை வெளிப்படுத்த ஒரு ஃபாரடே அளவுள்ள மின்சாரம் தேவைப் படுகிறது.

ஈரணுத்திறன் தனிமத்தில் (divalent element) இரு மடங்கு கிராம் இணைமாற்று ஒரு கிராம் அணுவுக்குச் சமமாவதால், அந்தத் தனிமத்தில் ஒரு கிராம் அணுவை வெளிப்படுத்த இரண்டு ஃபாரடே அளவுள்ள மின்சாரம் தேவை.

அதேபோல் மூவணுத்திறன் (trivalent) ஒரு கிராம் அணுவை வெளிப்படுத்த மூன்று ஃபாரடே அளவுள்ள மின்சாரம் தேவைப் படும். இது தனிமத்தின் தன்மையையோ மின்பகு திரவத்தின் செறிவையோ பொறுத்து மாறுபடுவதில்லை. மேலும், கிராம் அணுவிலடங்கியுள்ள அணுக்களின் எண்ணிக்கை அவகாட்ரோ (Avogadro) கொள்கைப்படி $6\cdot 02 \times 10^{23}$ ஆக இருக்கும்.

ஆகவே, ஓரணுத்திறன் தனிமத்தில் ஓர் அணுவை வெளிப் படுத்தத் தேவைப்படும் மின்னூட்டம் (charge)

$$e = \frac{96500}{6 \cdot 02 \times 10^{23}} \text{ கூலம்கள்} = 1 \cdot 60 \times 10^{-19} \text{ கூலம்கள்.}$$

அதேபோல் ஈரணுத்திறன் தனிமத்தில் ஓர் அணுவை வெளிப் படுத்தத் தேவையான மின்னூட்டம்

$$= \frac{96500 \times 2}{6 \cdot 02 \times 10^{23}} = 2 \times 1 \cdot 60 \times 10^{-19} \text{ கூலம்கள்}$$
$$= 2\,e$$

அதேபோல் மூவணுத்திறன், நான்கணுத்திறன் தனிமங்களில் ஓரணுவை வெளிப்படுத்தத் தேவைப்படும் மின்னூட்டங்கள் முறையே $3e$, $4e$ ஆகக் கொள்ளலாம்.

மின்பகுப்பு விதிகளைச் சரிபார்த்தலும் மின் வேதிய எண்ணைச் சோதனைமூலம் கண்டுபிடித்தலும்

(Verification of laws of electrolysis and experimental determination of electro chemical equivalent)

மின்பகுப்பு விதிகளைச் சரிபார்க்க வோல்ட்டா மீட்டர் என்னும் கருவி பயன்படுகிறது. தண்ணீர் வோல்ட்டா மீட்டர், தாமிர வோல்ட்டா மீட்டர், வெள்ளி வோல்ட்டா மீட்டர் (silver nitrate) போன்று பல வகை வோல்ட்டா மீட்டர்கள் உண்டு.

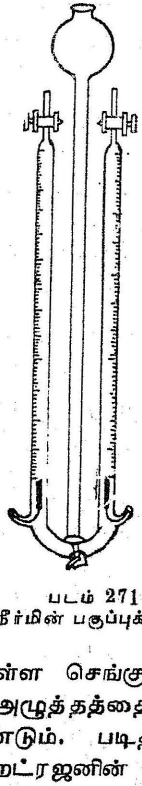
தண்ணீர் வோல்ட்டா மீட்டர்மூலம் ஹைட்ரஜனின் மின் வேதிய எண்ணையும் (மி.வே.எ.), தாமிர வோல்ட்டா மீட்டர் மூலம் தாமிரத்தின் மி.வே. எண்ணையும், வெள்ளி வோல்ட்டா மீட்டர்மூலம் வெள்ளியின் மி.வே. எண்ணையும் கண்டுபிடிக்க லாம்.

ஹைட்ரஜனின் மின் வேதிய எண்

(E.C.E. of Hydrogen)

தண்ணீர் வோல்ட்டா மீட்டரில் நீர்த்த கந்தக அமிலமூட்டப் பட்ட தண்ணீரைக்கொண்டு ஹைடிரஜனின் மி.வே. எண்ணைக் கண்டுபிடிக்கலாம். இதற்கென அமைக்கப்பட்டிருக்கும் கருவியில் குறியீடு இடப்பட்ட (graduated) இரண்டு செங்குத்துக் குழாய்கள் ஒரு சிறு கிடைக் குழாய் (horizontal tube) மூலம் கீழே இணைக்கப் பட்டிருக்கின்றன (படம் 271-ஐப் பார்க்கவும்). செங்குத்துக்

குழாய்களின் முனைகளில் அடைப்பிகள் (stop-cock) பொருத்தப் பட்டிருக்கின்றன. ஒரு மூலத்தை (reservoir) மேற்புறத்தில் தாங்கிய மற்றொரு செங்குத்துக் குழாய் கிடைக்குழாயின் நடுவில் பொருத்தப்பட்டிருக்கிறது. இது மற்ற இரண்டு குழாய்களுக்கும் இடையில் அமைந்திருக்கிறது. பக்கங்களி லிருக்கும் இரண்டு செங்குத்துக் குழாய்களின் அடிப்பாகங்களில் பிளாட்டினம் மின்வாய்கள் பொருத்தப்பட்டிருக்கின்றன. அந்த மின்வாய் கள் மேலும் வெளியே உள்ள திருகுகளில் (screws) பொருத்தப்பட்டிருக்கின்றன.



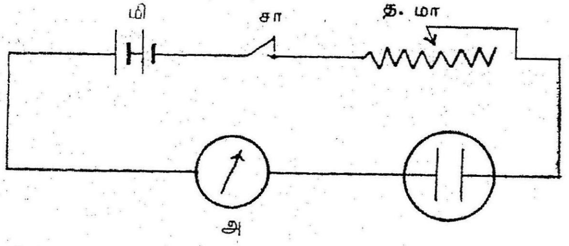
படம் 271
நீர்மின் பகுப்புக்கலம்

அடைப்பானைத் திறந்து நீர்த்த கந்தக அமிலமூட்டப்பட்ட தண்ணீரை வோல்ட்டா மீட்டரில் நிரப்பி அடைப்பிகளை மூடவேண்டும். வோல்ட்டா மீட்டரில் ஒரு மின்கலத்தை இணைத்து அதனுடன் அம்மீட்டரையும் (ammeter), தடை மாற்றியையும் (rheostat), ஒரு சாவியையும் (key) இணைத்து ஒரு குறிப் பிட்ட அளவு செலுத்தினால் தண்ணீரானது ஆக்ஸிஜனாகவும் ஹைட்ரஜனாகவும் பிரிக்கப்படு கின்றது. ஆக்ஸிஜன் நேர்மின் வாயிலும் ஹைட்ரஜன் எதிர்மின் வாயிலும் சேர்கின்றன. ஹைட்ரஜன் வாயுவின் கன அளவையும் அதன் அழுத்தத்தையும் குறித்துக்கொள்ளவேண்டும். அதன் அழுத்தத்தைத் தெரிந்துகொள்ள அந்தக் குழாயிலிருக்கும் நீர் மட்டத்திற்கும், நடுக் குழாயிலிருக்கும் நீர் மட்டத்திற்கும் உள்ள செங்குத்து வித்தியாசத்தை அளவெடுத்து அத்துடன் வளி அழுத்தத்தையும் (atmospheric pressure) கூட்டிக்கொள்ளவேண்டும். படித்தர வெப்ப நிலையிலும் அழுத்தத்திலும் (NTP) ஹைட்ரஜனின் கன அளவு என்ன என்பதைக் கணக்கிடலாம். படித்தர வெப்பநிலை அழுத்தத்தில் (NTP) ஹைட்ரஜனின் அடர்த்தியைத் தெரிந்து கொண்டு வெளியேற்றப்பட்ட ஹைட்ரஜனின் நிறையைக் (mass) கணக்கிடலாம். இப்பொழுது அம்மீட்டரில் காட்டிய மின்னேட் டத்தை c ஆகவும் மின்னேட்டம் செலுத்தப்பட்ட நேரத்தை t வினாடிகளாகவும் (seconds) கொண்டால், ஹைட்ரஜனின் மி.வே.எண் e-ஐக் கீழ்க்கண்டவாறு அறியலாம்.

$$e = \frac{m}{Ct} \text{ கிராம்கள்/கூலம்கள்.}$$

தாமிரத்தின் மி.வே. எண்
(E.C.E. of Copper)

நீர்த்த அமிலமூட்டப்பட்ட தாமிர சல்ஃபேட்டுக் கரைசலை ஒரு கண்ணாடிப் பாத்திரத்தில் எடுத்துக்கொண்டு, அதில் எதிர் மின்வாயாக ஒரு தாமிரத் தகட்டினை நடுவிலும், அதன் இரு புறங்களிலும் நேர்மின்வாயாக இரண்டு தாமிரத் தகடுகளையும் பொருத்தி அவற்றைக் கரைசலில் மூழ்கவைக்கவேண்டும். இந்தத் தாமிர வோல்ட்டா மீட்டரை ஒரு மின்கலம், அம்மீட்டர், மின் தடை மாற்றி (rheostat), ஒரு முனைச் சாவி (plug key) ஆகியவைகளோடு தொடர்பாக இணைத்துக் (series) கொள்ள வேண்டும். இவ்வாறு இணைக்கும்போது நேர்மின்வாய் மின்கலத்தின் நேர்மின் முனையோடும் (positive pole), எதிர்மின்வாய் மின்கலத்தின் எதிர்மின் முனையோடு (negative pole) இணைத்திருக்குமாறு பார்த்துக்கொள்ளவேண்டும். இதில் தாமிர வோல்ட்டா மீட்டரில் மின்னோட்டத்தின் வலிமை (strength of the current) எதிர்மின்வாய்த் தகட்டில் 50 க.செ. மீட்டருக்கு ஓர் ஆம்பியர் (ampere) மதிப்பிற்குமேல் இருக்கக்கூடாது. அப்படி ஓர் ஆம்பியருக்குமேல் இருந்தால் எதிர்மின்வாயில் படிகின்ற தாமிரம் உறுதியாக ஒட்டிக்கொள்ள இயலாமற் போய்விடும்.



தாமிரத்தின் மின் வேதிய ஒப்புமையைக் காணல்

படம் 272

இப்பொழுது மின்சுற்று தடை செய்யப்பட்டு, எதிர்மின்வாய் தகட்டை வெளியே எடுத்து, தேய்த்துக் கழுவி, துடைத்துக் காயவைக்கவேண்டும். பின்னர் அதன் நிறையை ஒரு மில்லி கிராமுக்குச் சுத்தமாகக் கணித்துக்கொள்ள வேண்டும். பிறகு அதனை மீண்டும் அதனுடைய இடத்தில் பொருத்தி, மின் இணைப்புக் கொடுத்து, மின்னோட்டம் ஓர் ஆம்பியராக இருக்குமாறு சரி செய்துகொண்டு, சரியாக 30 நிமிடங்களுக்கு மின்சாரத்தைச்

செலுத்தவேண்டும். ஒவ்வோர் ஐந்து நிமிடத்திற்கும் அம்மீட்டர் அளவைப் பார்த்து, மின்னோட்டம் சீராக இருக்குமாறு மின் தடைமாற்றியைக் (rheostat) கொண்டு சரி செய்துகொள்ள வேண்டும். 30 நிமிடங்கள் கழிந்த பின்பு, மின்னோட்டத்தைத் துண்டித்துவிட்டு, எதிர்மின்வாய்த் தகட்டை வெளியே எடுத்து நன்ருகத் தண்ணீரில் அலசி, உலற வைக்கவேண்டும். மீண்டும் அதன் எடையைக் கண்டுபிடித்து, முதலில் இருந்த எடையைக் காட்டிலும், இப்போது எவ்வளவு எடை உயர்ந்துள்ளது என்பதைக் கணித்துக்கொள்ளவேண்டும். இதுவே படிந்த தாமிரத்தின் நிறை (mass) ஆகும். தாமிரத்தின் மின் வேதிய எண் கீழ்க் கண்ட சமன்பாட்டின்மூலம் கணக்கிடப்படுகிறது.

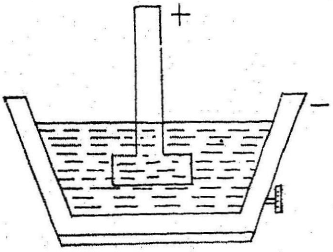
$$e = \frac{m}{ct} \text{ கி /கூ.}$$

இந்தச் சமன்பாட்டில் c என்பது செலுத்தப்படும் மின்சாரத்தை ஆம்பியர் அளவிலும், t என்பது மின்சாரம் செலுத்தப்பட்ட நேரத்தை விநாடிகளிலும் குறிக்கின்றன.

வெள்ளியின் மின் வேதிய எண்

(E.C.E. of silver)

வெள்ளி வோல்டா மீட்டரைக்கொண்டு, வெள்ளியின் மி.வே. எண் கண்டுபிடிக்கப்படுகிறது. இதில் ஒரு பிளாட்டினப் பாத்திரம் அல்லது வெள்ளிப் பாத்திரம் எதிர்மின் வாயாகவும், அதில் இருக்கும் வெள்ளித் தண்டு, நேர்மின்வாயாகவும் எடுத்துக்கொள்ளப்பட்டிருக்கின்றன. இதில் வெள்ளி நைட்ரேட்டுக் (silver nitrate) கரைசல் மின் பகு திரவமாகப் பயன்படுகிறது. இது சுத்தமான வெள்ளி நைட்டிரேட்டுக் கரைசலில் 15-லிருந்து 20 சதவீதத்தில் இருக்கும். தாமிரத்தின் மி.வே. எண்ணைக் கண்டுபிடித்ததைப் போலவே, அதே முறையில் இந்த வெள்ளியின் மி.வே. எண்ணையும் கண்டுபிடிக்கலாம்.



வெள்ளி மின் பகுப்புக் கலம்

படம் 273

சர்வதேச ஆம்பியர்

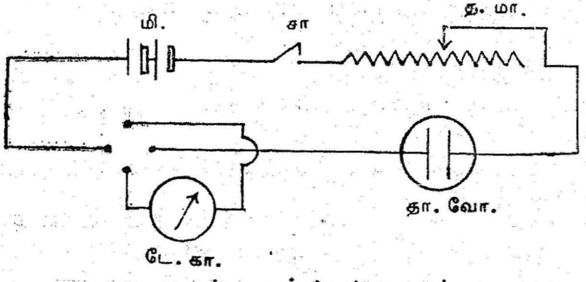
(International Ampere)

'மின்னேட்ட அளவின் செய்முறை அலகை (practical unit) மின்னேட்டத்தின் வேதியியல் விளைவுகள்மூலம் வரையறுக்கலாம்' என்பதைப் பல நாட்டு அறிஞர்கள் ஒன்ருகக் கூடிய குழு ஒன்று தீர்மானித்தது. அந்த அலகிற்கு சர்வதேச ஆம்பியர் (International Ampere) என்று பெயர். அதைக் கீழ்க் கண்ட முறையில் வரையறுக்கலாம். வெள்ளி நைட்டிரேட்டுக் கரைசலிலிருந்து மின்ருற் பகுப்பு முறையில் ஒரு மணித்துளியில் 0·0001118 கிராம் வெள்ளியைப் படியச் செய்யத் தேவையான மின்சாரத்தின் அளவே சர்வதேச ஆம்பியர் என்று சொல்லப்படும்.

டேன்ஜன்ட் கால்வனே மீட்டரின் சுருக்க எண்ணைக் கண்டுபிடித்தல்

(To determine reduction factor of Tangent galvanometer)

தாமிர மின்பகுப்புக் கலத்துடன், மின்கலத்தையும், தடை மாற்றியையும், திசை மாற்றியையும் (commutator) தொடர் இணைப்பால் சேர்த்து, திசைமாற்றியின் மீதி இரு முனைகளையும் டேன்ஜன்ட் கால்வனேமீட்டருடன் இணைத்துக்கொள்ள வேண்டும். எப்பொழுதும் செய்யவேண்டிய ஆரம்ப முறை



சுருக்கு எண்ணைக்காணல்

படம் 274

களின்படி டேன்ஜன்ட் கால்வனே மீட்டரை வைத்துக்கொள்ள வேண்டும். தடைமாற்றியைச் சரிசெய்து கால்கால்வனே மீட்டரில் 45° கோணத்திற்கு விலக்கத்தைக் கொண்டுவர வேண்டும். இந்த நிலையில் 15 நிமிடங்கள் மின்சாரத்தைச்

செலுத்தவேண்டும். பிறகு மின்திசை மாற்றியை மாற்றி அமைத்து எதிர்த் திசையில் 15 நிமிடங்கள் மின்சாரத்தைச் செலுத்தவேண்டும். பின்பு எதிர்மின்வாயின் எடையைக் கண்டுபிடித்து அதில் படிந்திருக்கும் தாமிரத்தின் நிறையை மில்லி கிராம் துல்லியமாகக் கண்டுபிடிக்கவேண்டும். அதை m கிராமாகவும் e-ஐத் தாமிரத்தின் மி.வே. எண்ணுகவும், t விஞடிகளை மின்னேட்டம் செலுத்தப்பட்ட நேரமாகவும் கொண்டால்,

$C = \frac{m}{et}$ என்பதால், கிடைக்கும் டேன்ஜன்ட் கால்வனே மீட்டரில் பாய்ந்த மின்சாரத்தைக் கீழ்க்கண்ட முறையிலும் கணக்கிடலாம். டேன்ஜன்ட் கால்வனே மீட்டரில் இருந்த கோணத்தை θ ஆகவும் அதன் சுருக்க எண்ணை (reduction factor) K ஆகவும் கொண்டால்,

$$C = K \tan \theta$$

$$\text{ஆகவே,} \quad K \tan \theta = \frac{m}{et}$$

$$K = \frac{m}{et \cdot \tan \theta}$$

இங்கு e-யின் மதிப்பை அனுமானித்துக்கொண்டு (assume) K-யின் மதிப்பைக் கணக்கிடலாம்.

தொழிலியலில் மின் பகுப்பின் பயன்கள்
(Industrial application of electrolysis)

தொழிற்சாலையில் மின்னுற் பகுப்பு பலவகைகளில் பயன் படுத்தப்படுகிறது. சில பயன்களைக் கீழே காணலாம்.

மின்னுற் பகுப்பு முறையில் உலோகங்களைப் பிரித்தெடுத்தல்

அலுமினியம், மக்னீஸியம் போன்ற உலோகங்கள் இம் முறையில் பிரிக்கப்படுகின்றன. உருகிய கிரியோலைட்டில் (molten cryolite) கரைக்கப்பட்டிருக்கும் பாக்சைட்டு (bauxite) கலவையிலிருந்து மின்னுற் பகுப்புமூலம் அலுமினியம் பிரிக்கப்படுகிறது. உருக்கப்பட்ட பொட்டாசியம் (potassium), மக்னீஸியம் குளோரைடுகளிலிருந்து மின்னுற் பகுப்புமூலம் மக்னீஸியம் தயாரிக்கப்படுகிறது. தாமிரம், சோடியம், பொட்டாசியம், கால்சியம் முதலிய உலோகங்களும் மின்னுற்பகுப்புமூலமே தயாரிக்கப்படுகின்றன.

வேதியியல் பொருள்களை உண்டாக்கல்
(Production of Chemicals)

தொழில் முக்கியத்துவம் வாய்ந்த சிறந்த பொருள்களான காஸ்டிக் சோடா (சோடா காரம்), பொட்டாசியம் குளோரேட்டு (potassium chlorate), சோடியம் ஹைப்போ குளோரைட் (sodium hypochlorite) முதலியன இக் காலத்தில் மின்னாற் பகுப்புமூலம் தயாரிக்கப்படுகின்றன.

உலோகங்களைத் தூய்மையாக்கல்
(Refining of metals)

மின்சார வேலைகளுக்குப் பயன்படும் தாமிரமானது மிகவும் சுத்தமாக இருத்தல் வேண்டும். இல்லாவிடில் அவைகளில் மின் சாரத் தடை (resistance) அதிகமாக வேறுபடும். ஆகவே, சுத்த மான தாமிரம் மின்னாற் பகுப்புமூலம் தயாரிக்கப்படுகிறது. இவ் வாறு சுத்த தாமிரம் தயாரிக்கப்படும் முறையில், ஒரு சிறிய தாமிரத் தகடு எதிர்மின் வாயாகவும், கலப்புத் தாமிர உலோகம் நேர்மின் வாயாகவும், தாமிர சல்ஃபேட்டுக் கரைசல் மின்னாற் பகுதிரவமாக வும் எடுத்துக்கொள்ளப்படுகின்றன. இம் முறையில் கிடைக்கும் தாமிரமானது 99·99 விழுக்காடு சுத்தமாக இருக்கும். தங்கம், துத்தநாகம் (zinc), நிக்கல் (nickel), ஈயம் (lead) போன்றவை களும் இம் முறையில் சுத்தமாக்கப்படுகின்றன.

மின்முலாம் பூசுதல்
(Electro plating)

தற்காலத்தில் விலை மலிவான உலோகங்களின்மீது தங்கம், வெள்ளி, குரோமியம், நிக்கல் போன்றவற்றை முலாம் பூசு கின்றனர். இதனால் முலாம் பூசப்பட்ட பொருள்கள் தோற்றப் பொலிவுடன் தோன்றுவதோடல்லாமல், அவைகள் எளிதில் துருப் பிடிக்காதவாறும், நீண்ட நாட்கள் நீடித்து உழைப்பனவாகவும் விளங்குகின்றன.

எந்த உலோக முலாம் பூசவேண்டுமோ, அதன் கரைசல் மின்பகு பொருளாகப் பயன்படுத்தப்படுகின்றது. மேலும் இந்த உலோகத்தால் ஆன தகடானது நேர்மின் வாயாகப் (anode) பயன்படுத்தப்படுகின்றது. அடுத்து எந்தப் பொருளுக்கு மின் முலாம் பூசப்படவேண்டுமோ, அப் பொருளை எதிர்மின் வாயாக

வைக்கவேண்டும். முலாம் பூசப்படவேண்டிய பொருளானது நன்கு தேய்க்கப்பட்டுச் சுத்தமாக வைக்கப்படவேண்டும். மேலும், முலாம் பூசப்படும்போது பாயும் மின்சாரத்தின் வலிமை அதிகமாக இல்லாமல், அதற்கேற்ற வெப்பநிலையில் இருக்கவேண்டும்.

இவ்வாறு பிரகாசமான உலோகங்களைக் கொண்டு, முலாம் பூசிப் பளபளப்பான மேற்பரப்புகளைப் பெறலாம். இதனுல் பளபளப்பாக்குவதற்குச் செலவாகும் தொகை மிச்சப்படுத்தப்படுகின்றது. தற்காலத்தில் எவர்சில்வர் (ever silver) பொருள்கள் வெகுவாகப் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. இரும்புப் பொருள்களின்மீது முதலில் நிக்கல் முலாமும், பின்பு வெள்ளி முலாமும் பூசப்பட்டு இவ்வகை 'எவர்சில்வர்' பொருள்கள் தயாரிக்கப்படுகின்றன.

கீழ்க்கண்ட அட்டவணையில் எந்தெந்த முலாம் பூசுவதற்கு எந்தெந்தக் கரைசல்களும், நேர்மின்வாய்களும், மின்பகு பொருள்களும் பயன்படுகின்றன என்பதைக் காணலாம்.

முலாம்	மின்பகு பொருள்	நேர்மின்வாய்
தங்க முலாம்	அதிக பொட்டாசியம் சயனைடில் கரைக்கப்பட்ட தங்க சயனைடு	தங்கம்
வெள்ளி முலாம்	அதிக பொட்டாசியம் சயனைடில் கரைக்கப்பட்ட வெள்ளி சயனைடு	வெள்ளி
நிக்கல் முலாம்	நிக்கல் அம்மோனியம் சல்ஃபேட், அம்மோனியம் சல்ஃபேட் ஆகியவற்றின் கரைசல்	நிக்கல்

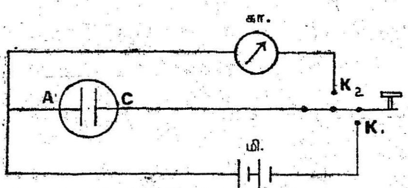
மின் அச்சு எடுத்தல் (மின்முறை எழுத்தியற்றல்)
(Electro typing)

விரைவில் புத்தகங்களை அச்சிட்டு வெளியிடுவதற்கு, மின் அச்சு எடுப்புப் பயன்படுகிறது. சாதாரண தட்டெழுத்துகளின் அச்சு முதலில் மெழுகுதாளில் பதிக்கப்படுகின்றன. அதன் பின்பு அந்த மெழுகு அச்சை (உரு சமைப்பு) (mould) மின் கடத்தியாக்குவதற்காக கிராஃபைட்டு (graphite) பூசப்பட்டு, தாமிர சல்ஃபேட்டுக் கரைசலில், எதிர்மின்வாயாகத் தொங்கவிட

வேண்டும். ஒரு தாமிரத் துண்டை நேர்மின் வாயாகக் கொண்டு மின்சாரம் செலுத்தினால் தாமிரமானது மெழுகு அச்சில் சென்று படியும். போதுமான அளவு தாமிரம் படிந்த பின்பு அதை வெளியே எடுத்து மெழுகிலிருந்து தனியே எழுத்துகளைப் பிரித்து அதைத் திண்ணிய நிலையில் (கடினமாக) கொண்டு வருவதற்கேற்ற வகையில் சூடாக்கப்படுகிறது (backed). கிராமபோன் இசைத் தட்டுகளும், மெடல்களும் இந்த முறையிலேயே அச்சு எடுக்கப்படுகின்றன.

மின்னாற்பகு திரவத்தில் பின் மின்னியக்கு விசை
(Back e.m.f. in Electrolytes)

கீழே கொடுக்கப்பட்டிருக்கும் இணைப்புப் படத்தில், இரண்டு பிளாட்டினம் மின்வாய்கள், அமிலம் கலந்த தண்ணீரில் மூழ்க வைக்கப்பட்டிருக்கின்றன. சாவி K_1ஐ அடைத்து மின்சாரம் பாய்ச்சிய பின்பு, K_1ஐத் திறந்து, சாவி K_2வை அடைத்தால், கால்வனோ மீட்டரில் (galvano meter) விலக்கம் (deflection) தெரியும். இந்த விலக்கம் கொஞ்சம் கொஞ்சமாகக் குறைந்துகொண்டே வந்து, சுழியை (zero) அடையும். இதற்குக் காரணம், தண்ணீரில் பாயும் மின்னோட்டம், தண்ணீரை ஆக்ஸிஜனாகவும் ஹைட்ரஜனாகவும் பிரிக்கிறது. இவ்வாறு பிரிக்கப்படும் ஆக்ஸிஜன் எதிர்மின் வாயிலும், ஹைட்ரஜன் நேர்மின் வாயிலும், படிந்து பின் மின்னியக்க விசையை (back e.m.f.) உண்டாக்குகிறது. ஆகவே, சாவி K_2 அடைக்கும்பொழுது, படிந்திருக்கும் ஆக்ஸிஜன், ஹைட்ரஜன் மூலக்கூறுகள் பிரியும்வரை மின்னோட்டம் தொடர்ந்து இருக்கிறது. இதற்குத் தள்விளைவு (polarisation) என்று பெயர்.



பின் மின்னியக்கு விசை

படம் 275

வெப்ப வேதியியல் (thermo chemical) புள்ளி விவரங்களைக் (data) கொண்டு இந்த பின் மி.இ. விசையைக் கணக்கிட முடியும். 2 கிராம் ஹைட்ரஜனும், 16 கிராம் ஆக்ஸிஜனும் சேர்ந்து, தண்ணீராக மாறும்போது 68,400 காலரிகள் (calories) வெளியேற்றப்படுகின்றன. ஆகவே, ஒரு கிராம் மூலக்கூறு (gramme molecule), தண்ணீரைச் சிதைக்க (decompose), அதே அளவுள்ள ஆற்றல் தேவை என்பது தெளிவாகிறது. ஒரு கிராம் மூலக்கூறு

தண்ணீரைச் சிதைக்கும்பொழுது, இரண்டு கிராம் இணைமாற்று (2 gramme equivalent) உள்ள ஹைட்ரஜன் வெளியேற்றப்படு கிறது. இதற்குத் தேவையான மின்னேட்டம் $= 2 \times 96480$ கூலம்கள் ஆகும்.

இந்த மின்னூட்டப் பாதையை (passage of the charge) ஒரு மின்னியக்க விசை உண்டாக்குமானல்,

$$2 \times 96480\ E = 68400 \times 4{\cdot}18$$

அல்லது, $E = 1{\cdot}48$ வோல்ட்கள்

ஆகவே, தண்ணீரைச் சிதைக்கத் தேவையான குறைந்த அளவுள்ள ஆற்றல் $1{\cdot}48$ வோல்ட்கள் என்று தெரிகிறது.

தண்ணீருக்குப் பதிலாக, தாமிர சல்ஃபேட்டுக் கரைசலும், தாமிர மின்வாய்களும் உபயோகித்தால், கரைசலில் உள்ள தாமிர சல்ஃபேட்டின் அளவு மாருத நிலையில் இருக்கும். ஏனெனில், எதிர்மின் வாயில் எந்த அளவுள்ள தாமிரம் படிகிறதோ, அதே அளவுள்ள தாமிரம், நேர்மின் வாயிலிருந்து கலக்கப்படுகிறது. ஆகவே, அதில் பின் மின்னியக்க விசை, கொஞ்சம்கூட இருக் காது; இந்த மாதிரி மின் வாய்கள், மாருத நிலையில் இருக்கு மானல் அதில் தளவிளைவும் (polarisation) பின்மின் இயக்க விசை யும் இருக்காது. ஆகவே, அதில் பாயும் மின்னேட்டம் மின் னழுத்த வேறுபாட்டிற்கு (potential difference) நேர்விகிதத்தில் இருக்கும். இதனல் ஓமின் விதி (Ohm's law) நிரூபிக்கப்படுவதை அறியலாம். இந்த மாதிரி நிலையிலும் மிகக் குறைந்த அளவில் பின் மின்னியக்க விசை (back e.m.f.) காணப்படுகிறது. ஏனெனில், நேர்மின் வாயருகேயும் எதிர்மின் வாயருகேயும் இருக்கும் கரை சலில் செறிவு (concentration) வித்தியாசமே இதற்குக் காரண மாகும். ஆகவே, E-ஐக் கொடுக்கப்பட்ட மின்னழுத்தமாகவும் அல்லது மின்னியக்க விசையாகவும் (applied voltage or applied e.m.f.) Ei-ஐப் பின் மின்னியக்க விசையாகவும், I-யை அதில் பாயும் மின்னேட்டமாகவும் கொண்டால், அந்த மின்பகு திரவத் தின் மின்தடை (resistance),

$$r = \frac{E - Ei}{I}$$

மின்தடையானது, மின்பகு திரவத்தின் நீளத்திற்கு நேர் விகிதத் திலும் பரப்புக்கு எதிர்விகிதத்திலும் இருக்கும். ஆகவே, மின்பகு திரவத்தின் நீளத்தை l ஆகவும், மின்வாயின் பரப்பை a ஆகவும் கொண்டால்,

$$r \propto \frac{l}{a}$$

$$r = \rho \frac{l}{a}$$

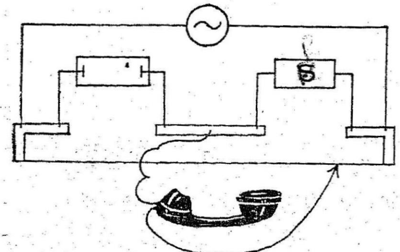
இதில், ρ என்பது ஒரு மாறிலி (constant). இதற்குத் தன்தடை எண் (specific resistance) என்று பெயர். இந்தத் தன்தடை எண்ணின் தலைகீழ் மதிப்பு (reciprocal) தற்கடத்து திறன் (specific conductivity) எனப் பெயர் பெறும். ஆகவே, தற்கடத்து திறன், $k = \frac{1}{\rho}$.

மின்பகு திரவங்களின் கடத்து திறனைக் கண்டுபிடித்தல்

(Determination of the Conductivity of Electrolytes)

கோல்ராட்சு வலை (Kohlrausch's bridge)

திருத்தப்பட்ட வீட்ஸ்டோன் வலையே (wheatstone bridge) கோல்ராட்சு வலையாகப் பயன்படுகிறது. இதன்மூலம் ஒரு குறிப்பிட்ட செறிவுள்ள (concentration) மின்பகு திரவங்களின் கடத்து திறனைச் சோதனைமூலம் கண்டுபிடிக்கலாம். இதற்கு மாறுதிசை மின்னோட்டம்தான் (alternating current) செலுத்தப்படவேண்டும். ஏனெனில், நேர் மின்னோட்டம் செலுத்தினால் அந்தத் திரவத்தில் பின் மின்னியக்க விசை உண்டாகி அதன் மின் தடையை எளிதில் அறிய இயலாமல் போய்விடுகிறது. ஆகவே, இந்த அமைப்பில், சரியீட்டுப் புள்ளியை (balancing point), தெரிந்துகொள்ள கால்வனோ மீட்டருக்குப் பதிலாக, ஒரு தலை ஒலியம் (head-phone) உபயோகிக்கப்படுகிறது.



கோல் ராஷ் வலை (சுற்றமைப்பு)

படம் 276

இரண்டு பக்கங்களிலும் ரப்பரால் மூடப்பட்ட ஒரு சோதனைக் குழாயில் மின்பகு திரவக் கரைசலை எடுத்துக்கொள்ள வேண்டும். இரண்டு பிளாட்டினம் மின்வாய்களை இந்த ரப்பர் வழியாகச் செலுத்தி, அந்த இரண்டு மின்வாய்களுக்கும் இடையிலுள்ள, கரைசலின் நீளத்தை (l_1 செ.மீ.) குறித்துக்கொள்ள

வேண்டும். இடைவெளி தூரத்தை மாற்றக்கூடிய வகையில் மின் வாய்களைப் பொருத்திக்கொள்ளவேண்டும். தாமிர சல்ஃபேட்டுக் கரைசலை மின்பகு திரவமாக எடுத்துக்கொண்டால், தாமிரத் தகடுகளை மின்வாய்களாக எடுத்துக்கொள்ளவேண்டும். இந்தக் கரைசல் அடைக்கப்பட்ட கண்ணாடிக் குழாய்க்கு (மின்னாற் பகுப்பு) மின்கலம் (electrolytic cell) என்று பெயர். இந்த மின்னாற் பகுப்பு மின்கலத்தை வலையின் ஓர் இடைவெளியிலும் (gap), படித்தர மின் தடையை, S (standard resistance), மற்றோர் இடைவெளியிலும் இணைத்து, தலை ஒலியத்தில் மிகக் குறைந்த அளவு ஒலி கிடைப்பதற்குச் சரியீட்டுப் புள்ளியைக் (balancing point) கண்டுபிடிக்கவேண்டும். இப்பொழுது r_1-ஐ மின்பகு கரைசலின் மின்தடையாகவும், x_1-ஐ அதனுடைய சரியீட்டு நீளமாகவும் (balancing length) கொண்டால்,

$$r_1 \propto x_1$$

அதேபோல் x_2-வை S-ன் சரியீட்டு நீளம் எனக் கொண்டால்,

$$S \propto x_2$$

$$\therefore \frac{r_1}{S} = \frac{x_1}{x_2}$$

$$r_1 = S\frac{x_1}{x_2}.$$

பின்பு மின்வாய்களுக்கிடையிலுள்ள கரைசலின் நீளத்தை l_2 ஆக மாற்றி, இதே மாதிரி செய்முறையில், கரைசலின் மின் தடையை மறுபடியும் கண்டுபிடிக்கவேண்டும். அதை r_2 ஆகக் கொள்வோம். மின்னாற் பகுப்பு மின்கலத்தின் குறுக்கு வெட்டுப் பரப்பை (area of cross section) (அதாவது, மின்வாயின் குறுக்கு வெட்டுப் பரப்பு) a ஆகக் கொண்டால், கரைசலின் தன்தடை எண் (specific resistance),

$$\rho = \frac{r_1 a}{l_1}$$

$$\rho = \frac{r_2 a}{l_2}$$

$$\therefore \rho = \frac{(r_1 - r_2)\,a}{(l_1 - l_2)}$$

ஆகவே, தற்கடத்து திறன் (sp. conductivity),

$$k = \frac{1}{\rho}$$

$$k = \frac{l_1 - l_2}{a\,(r_1 - r_2)}$$

அடுத்துப் பல்வேறுபட்ட செறிவுள்ள மின்பகு திரவங்களைக் கொண்டு இந்தச் செய்முறையைத் திரும்பச் செய்து, அந்தத் திரவத்தின் தற்கடத்து திறனைக் கண்டுபிடிக்கலாம்.

இணைமாற்றுக் கடத்து திறனும், மூலக்கூறு கடத்து திறனும்

(Equivalent and molecular conductivity)

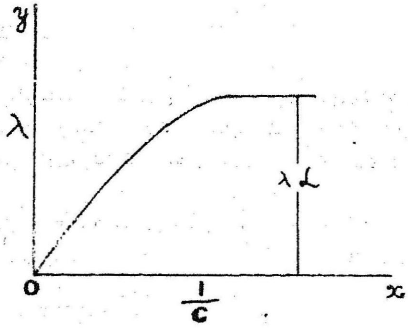
ஒரு மின்பகு கரைசலின் தற்கடத்து திறன் (specific conductivity) கரைசலின் செறிவைப் (concentration) பொறுத்து மாறுபடும். கரைசலின் செறிவுக் குறைப்பு (dilution) அதிகமாகும்போது, அதன் மதிப்புக் குறைகிறது. ஆகவே, இரண்டு கரைசல்களின் கடத்து திறன்களை ஒப்பிடும்போது, அவைகளின் செறிவு சம நிலையில் இருக்கின்றனவா என்று பார்த்துக்கொள்ளவேண்டும். இதன் பலனால் இணைமாற்றுக் கடத்து திறன் (equivalent conductivity) என்ற புது அளவு தெரியவருகிறது. இணைமாற்றுக் கடத்து திறனைக் கீழ்க்கண்டவாறு வரையறுக்கலாம். தற்கடத்து திறனுக்கும் (k) கரைசலின் செறிவுக்கும் (c) உள்ள விகிதமே இணை மாற்றுக் கடத்து திறனாகும். இதை λ என்ற எழுத்துமூலம் குறிப்பிடலாம்.

$$\lambda = \frac{k}{c} \text{ கிராம் இணைமாற்று/க.செ.மீ.}$$

ஒரு கிராம் இணைமாற்றுக் கரைபொருள் (1 gram equivalent solute), கொண்டிருக்கும் மின்பகு கரைசலின் கன அளவு v க.செ.மீ. ஆகக் கொண்டால், $v = \frac{1}{c}$. ஆகையால் இணைமாற்றுக் கடத்து திறன், $\lambda = kv$. மூலக்கூறு கடத்து திறனை (molecular conductivity) கீழ்க்கண்டவாறு வரையறுக்கலாம். ஒரு கிராம் மூலக்கூறைக் கொண்டிருக்கும் v_1 க.செ.மீ. கன அளவையும் மின்பகு திரவத்தின் தற்கடத்து திறனையும் பெருக்கிக் கிடைக்கும் தொகையே மூலக்கூறு கடத்து திறன் எனப்படும். அதை μ என்ற எழுத்து மூலம் குறிக்கலாம்.

$$\mu = kv_1$$

கரைசலில் செறிவுக் குறைவு (dilution) அதிகமாக ஆக, தற்கடத்து திறன் குறைந்துகொண்டே சென்றாலும், இணை மாற்றுக் கடத்து திறனும் மூலக்கூறு கடத்து திறனும் வரம்பு மதிப்புவரை (limiting value) உயர்ந்துகொண்டே செல்லும். இணைமாற்றுக் கடத்து திறனின் அந்த வரம்பு மதிப்பு முடிவிலா நீர்க்கலவையின் இணைமாற்றுக் கடத்து திறன் (equivalent conductivity at infinite dilution) என்று கூறப்படும். அதை $\lambda\infty$ என்ற எழுத்து மூலம் குறிப்பிடலாம். இதைக் கண்டு பிடிக்கப் பலவகைப் பட்ட அளவில்



படம் 277

நீர் கலந்த கரைசலின் λவைக் கண்டுபிடித்து அவைகளை ஒரு வரை படத்தில் λ அச்சிலும் கரைசலின் செறிவுக் குறைப்பை $\frac{1}{c}$யை X அச்சிலும் கொண்டு வரைபடம் வரைய வேண்டும். அந்தப் படம் படத்தில் காட்டியுள்ளதுபோல் இருக்கும். சில வலுவில்லா (weak) மின் பகு திரவங்களில் தற்கடத்து திறன், முடிவிலா நீர்க்கலவையை அடையுமுன்பே, மிகக் குறைந்த அளவில் சுருங்கி விடுவதால், (reduced) அதில் $\lambda\infty$-ஐ நேராகக் கணக்கிட முடியாது. ஆனால் வலுவுள்ள (strong) மின்பகு திரவங்களில், காட்டாக கனிம உப்பு (inorganic salts) கலந்த கலவைகளில், அதனை மதிப்பிட வரைபடத்தைப் படத்தில் காட்டியபடி நீட்டிவிட்டு (extra polation) $\lambda\infty$ன் மதிப்பைக் கண்டு பிடிக்கலாம்.

மின்பகு கடத்தலின் பிரிகைக் கொள்கை

(Dissociation theory of electrolytic conduction)

1887ஆம் ஆண்டு ஆர்ஹினஸ் (Arrhenius) என்பவர் கூறிய படி, மின் பகு திரவத்தில் மின்சாரம் கடத்தப்படுவது, மின் பகு பிரிகைக் கொள்கையின் அடிப்படையில் அமைந்திருக்கிறது. கரைசலின் நடுவியல் மூலக்கூறுகள் (neutral molecules) எதிர்வகையில் மின்னூட்டப்பட்ட அணுக்களாகப் (oppositely charged atom) பிரிகை ஏற்படும் என்று ஆர்ஹினஸ் அறிவித்தார். இந்த மின்

னூட்டப்பட்ட அணுக்களே அயனிகள் (ions) எனப்படும். எடுத்துக்காட்டாக சாதாரண உப்பு (சோடியம் குளோரைடு-sodium chloride) தண்ணீரில் கரையும்பொழுது சோடியம் குளோரைடின் மூலக்கூறு நேர் மின்னூட்டப்பட்ட சோடியம் அணுவாகவும் (positively charged atoms) எதிர் மின்னூட்டப்பட்ட குளோரின் அணுவாகவும் (negatively charged atoms) பிரிகை ஏற்படும். நேர் மின்னூட்டப்பட்ட அணுக்கள் நேர் அயனிகள் (kations) எனவும் எதிர் மின்னூட்டப்பட்ட அணுக்கள் எதிர் அயனிகள் (anions) எனவும் அழைக்கப்படுகின்றன. கரைசலின் செறிவுக் குறைவு அதிகரிக்கும்பொழுது, அதில் அயனிகளாகப் பிரியும் தன்மையும் அதிகரிக்கிறது. ஆகவே முடிவிலா நீர்க் கலவையில் (infinite dilution) அந்தப் பொருள் முழுதும் அயனிகளாகவே இருக்கும் என்று கருதப்படுகிறது.

ஓர் அயனியில் இருக்கும் மின்னூட்டம் அந்த அணுவின் கூடுகையைப் பொறுத்திருக்கும் (valency) ஓரணுத்திறன் அயனி (monovalent) ஒரு மின்னூட்டத்தையும், ஈரணுத்திறன் அயனி (divalent ions) இரு மின்னூட்டங்களையும் (charge) மூவணுத் திறன் அயனி (trivalent ions) மூன்று மின்னூட்டங்களையும் பொறுத் திருக்கும். மின்னூட்டம் இல்லாதபோது, ஓர் அயனியின் குணங்கள் அந்த அணுவின் குணங்களிலிருந்து மாறுபட்டிருக்கும். எடுத்துக்காட்டாக மின்னூட்டம் இல்லாத நிலையில் சோடியம் அணு தண்ணீருடன் சேர்ந்து கூடி (interact) ஹைட்ரஜனை வெளி யேற்றும். ஆனால், சோடியம் அயனி தண்ணீருடன் சேர்ந்து எந்த வித வினைகரணும் (action) உண்டாவதில்லை. மேலும் ஒரு அயனியின் குணங்கள் தன்னோடு சேர்ந்திருந்த மற்ற அயனியின் குணங்களிலிருந்து மாறுபட்டிருக்கும். மின் பகு கரைசலின் குணங்கள் ஒரு கூட்டமாக (additive) இருப்பதால், அதைக் கண்டு பிடிக்க, அக் கரைசலில் இருக்கும் இரண்டு வகைப்பட்ட அயனி களின் குணங்களையும் அறிதல் வேண்டும். மின்னாற்பகுப்பில் மின் வாய்களுக்கிடையே, மின் அழுத்த வேறுபாடு (p.d.) தருவ தற்கு முன்பு கரைசலில் உள்ள அயனிகள் பலவகைகளில் நோக்க மின்றிச் (random) செல்லும் மின்னழுத்த வேறுபாடு கொடுத்தால் நேர் மின்னூட்டப்பட்ட அயனிகள், எதிர்மின் வாயை நோக்கியும், எதிர் மின்னூட்டப்பட்ட அயனிகள், நேர்மின் வாயை நோக்கியும் நகரும். ஆகையால் மின்சாரத்திற்கு அயனிகளின் நகர்வே (migration) காரணமாக அமைகிறது. நேர் அயனிகள் (kations) எதிர் மின் வாயை நோக்கியும், எதிர் அயனிகள் (anions) நேர்மின் வாயை நோக்கியும் நகரும். அயனிகள் அந்தந்த மின் வாய்களை அடையும்போது தங்களுடைய மின்னூட்டங்களை (charge)

அவைகளுக்குக் கொடுத்துவிட்டுத் தன்னிச்சையான (free) அணுக்களாக வெளியேறும். சில சமயங்களில் வெளியேற்றப்பட்ட அணுக்கள் மின் வாய்களுடன் சேர்ந்தோ, அல்லது மின்பகு கரைசலில் கலந்தோ, வேதியியல் வினை உண்டாகும். அயனிகளின் நகர்வே, மின்சாரம் பாய்வதற்குக் காரணமாக அமைவதால், ஒரு கரைசலின் கடத்தும் திறன், அந்த மின் பகு கரைசலில் தனி அணுக்களுக்கு (free atoms), நேர் விகிதத்தில் இருக்கும். கீழ்க்காணும் உண்மைகள் பிரிகைக் கொள்கையை உறுதிசெய்கின்றன.

(a) தளவிளைவு காரணமாகப் பின் மின்னியக்க விசை இல்லாத போது மின்னாற் பகு கரைசலில் மின்வாய்களுக்கிடையே மிகக் குறைந்த மின்னழுத்த வேறுபாடு (p. d.) இருந்தபோதும், ஓரளவு மின்னாற் பகுப்பு நடைபெறும். அப்பொழுது, அதில் செல்லும் மின் சாரமானது, ஓம் விதியை (ohm's law) ஒத்து இருக்கும். இதிலிருந்து மின்கலத்திலிருந்து பெறக்கூடிய மின்னாற்றல் (elctrical energy) முழுதும் மின் பகு திரவத்தில் செல்லும், மின்சாரத்தை உண்டு பண்ணுவதற்காகப் பயன்படுகிறது. அந்த ஆற்றல் மூலக்கூறுகளை அயனிகளாகப் பிரிப்பதற்குப் பயன்படுவதில்லை என்றும் தெரிகிறது. ஆகவே, வெளியில் மின்னழுத்த வேறுபாடு தருவதற்கு முன்பே அயனிகள் அந்தக் கரைசலில் இருந்திருக்கவேண்டுமென்று தெரிகிறது.

(b) ஒரு கரைசலில் ஒரு பொருளானது அயனிகள் வடிவங்களில் இருக்கும் என்று எடுத்துக் கொண்டால், அந்த மின்சாரக் கரைசலின் நிறத்தை எளிதில் விவரிக்க இயலும். எடுத்துக் காட்டாக, குப்ரிக் குளோரைடு மூலக்கூறுகள் (cupric chloride molecules) மஞ்சளாகவும் செறிவு (concentration) மிகுந்த குப்ரிக் குளோரைடு கரைசல் பச்சையாகவும் அந்த உப்பின் நீர்த்த கரைசல் தண்ணீரில் நீலமாகவும் இருக்கும். தாமிர அயனியின் நிறம் நீலமாக இருக்கும். செறிவு மிகுந்த குப்ரிக் குளோரைடு கரைசலில் அயனிகளாகப் பிரிவது முற்றுப் பெறவில்லை. அந்தக் கரைசலிலிருக்கும் குப்ரிக் குளோரைடின் மஞ்சள் நிறமும் தாமிர அயனிகளின் நீலநிறமும் ஒன்ருகச் சேர்ந்து பச்சை வண்ணமாகத் தெரிகிறது. ஆனல் நீர்த்த குப்ரிக் குளோரைடு கரைசலில் பிரிகை (dissociation) முற்றுப் பெற்றுவிடுவதால் அது அயனிகள் வடிவத்தில் இருக்கும். ஆகவே, அந்தத் தாமிர அயனிகளின் நீலநிறம் காரணமாக அதுவும் நீலமாகத் தெரிகிறது.

(c) சோதனையில் கண்ட மின்பகு கரைசலின் சவ்வூடு பரவுகை அழுத்தம் (osmotic pressure) வான்ட் ஹோஃப் (Vant Hoff) என்பவர் கண்டுபிடித்ததைக் காட்டிலும் அதிகமாக இருக்

கிறது. அவர் கரிமப் பொருள்கள் (organic substances) கரைசலின் சவ்வூடு பரவல் அழுத்தமானது ஒரு க.செ.மீ. கன அளவில் கரைந்திருக்கும் மூலக்கூறுகளின் எண்ணிக்கைக்கு நேர் விகிதத்தில் இருக்கும் என்று தெரிவித்தார். ஆனால், இதற்கு மாறாக அதிக அளவில் தோன்றும் அசாதாரண (abnormal) சவ்வூடு பரவல் அழுத்தத்தை விவரிக்க, அந்த அழுத்தமானது ஒரு க.செ. மீ. அளவுள்ள கரைசலில் கலந்திருக்கும் அயனிகளின் எண்ணிக்கையையும் பிரியாத மூலக்கூறுகளின் (dissociate) எண்ணிக்கையையும் சார்ந்திருக்கும் என்றும், அது ஒரு க.செ.மீ. அளவுள்ள கரைசலில் கரைந்திருக்கும் மூலக்கூறுகளின் எண்ணிக்கையைச் சார்ந்திருக்காது என்றும் எடுத்துக்கொள்ளவேண்டும். எடுத்துக்காட்டாக, ஒரு க.செ.மீ கன அளவுள்ள சோடியம் குளோரைடு கரைசலில் உள்ள மூலக்கூறுகளை a ஆகவும் அவைகளில் சோடியம் அயனிகளாகவும், குளோரைடு அயனிகளாகவும் பிரிந்த மூலக்கூறுகளை b ஆகவும் கொண்டால், பிரியாத சோடியம் குளோரைடு மூலக்கூறுகள் $a—b$ எனத் தெரிகிறது. ஒவ்வொரு சோடியம் குளோரைடு மூலக்கூறும் இரண்டு அயனிகளாகப் பிரிக்கப்படுவதால், பிரிகை ஏற்பட்ட மூலக்கூறில் (dissociate molecules) உள்ள மொத்த அயனிகள் $=2\,b$ ஆகவே ஒரு க.செ.மீ. கரைசலில் அழுத்தம் தரக்கூடிய ஊக்கம் மிகுந்த துகள்கள் (active particles) $= (a—b) + 2\,b = a + b$. இந்தத் தொகையானது ஒரு க. செ.மீ. கரைசலில் கரைந்திருக்கும் மூலக்கூறுகளின் எண்ணிக்கையைக்காட்டிலும் அதிகமாக இருப்பதால், உண்டாக்கப்படும் அழுத்தமும் அதிகமாக இருக்கும். ஒரு மின்பகு பொருள் தண்ணீரில் கரையும்பொழுது அதன் ஒரு பகுதி அயனிகளாகப் பிரிக்கப்படும் காரணத்தால் (1) ஆவி அழுத்தத்தின் தாழ்வு (lowering of vapour pressure), (2) கொதிநிலையின் ஏற்றம் (elevation of boiling point) (3) உறைநிலையின் இறக்கம் (depression of the freezing point) போன்றவைகளின் அசாதாரண மதிப்புகளை விவரிக்க முடிகிறது.

அயனிகள் நகர்வு (Migration of ions),

மின்பெயர்ச்சி எண் (Transport number)

மின்னாற் பகுப்பின்போது உண்டாகும் எல்லா நேர் அயனிகளும் (cations) ஒரே திசை வேகத்தில் நகருகின்றன. அதேபோல் எல்லா எதிர் அயனிகளும் ஒரே திசை வேகத்தில் நகருகின்றன. ஆனால் நேர் அயனிகளின் திசை வேகமானது, எதிர் அயனிகளின் திசை வேகத்திலிருந்து மாறுபட்டிருக்கும். இவ்வாறு

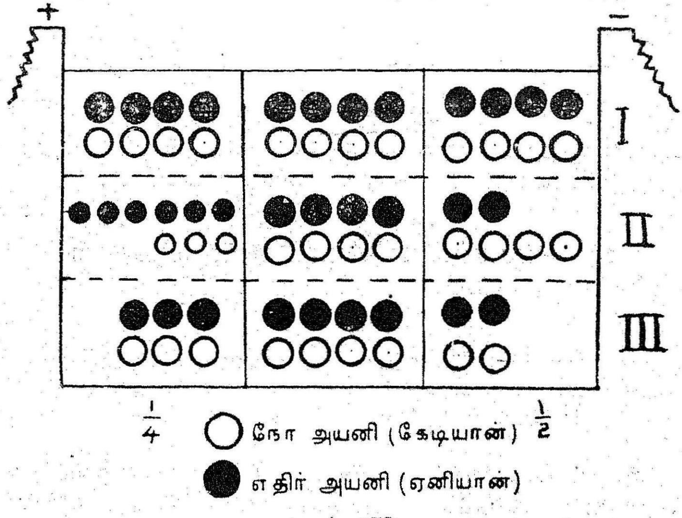
இவைகளிடையேயுள்ள திசை வேகத்திலுள்ள மாறுபாடுதான், நேர்மின் வாய்க்கும் எதிர் மின் வாய்க்கும் அருகே உள்ள இடங்களில் செறிவுக் குறைவுக்குக் (fall in concentration) காரணம்.

ஒரு வோல்டா மீட்டரில் எடுத்துக்கொண்ட ஒரு மின் பகு பொருளைக் கவனிப்போம். இதில் மூன்று அறைகள் (compartments) இருப்பதாகவும், ஒவ்வொன்றிலும் 4 நேர் அயனிகளும், 4 எதிர் அயனிகளும் இருப்பதாகவும் கொள்வோம். இவ் வமைப்பை I என்பது காட்டுகின்றது.

இங்கு எதிர் அயனிகள் அதாவது ஏனியான்கள் (anions), நேர் அயனிகளைவிட அதாவது கேடியான்களைவிட (cations) இரண்டு மடங்கு வேகத்தில் செல்வதாகக் கொள்வோம்.

இப்போது I கேடியான் நகர்ந்து சென்று எதிர்மின் வாய் அறையை அடையும்வரை நாம் காத்திருப்பதாகக் கொள்வோம். இந்த இடைவேளையில் 2 ஏனியான்கள் நகர்ந்து நேர்மின்வாய் அறையை அடைந்துவிடுகின்றன. இதை II என்பது விளக்குகின்றது.

இவ்வாறு மாற்றங்கள் ஏற்பட்டபின்பு, உண்டாகும் விளைவுச் செறிவை III என்ற அமைப்பு விளக்குகின்றது.



படம் 278

அடுத்து ஏனியானின் திசைவேகத்தை u என்றும், கேடியானின் திசை வேகத்தை v என்றும் கொள்வோம்.

$\frac{u}{v} = 2$ என்று நாம் ஏற்கெனவே கொண்டுள்ளோம்.

எனவே, எதிர்மின் வாயைச் சுற்றி உண்டாகும் செறிவு இழப்பானது, நேர்மின் வாயைச் சுற்றி உண்டாகும் செறிவு இழப்பைப் போன்று இரண்டு மடங்காகும்.

$$\frac{\text{எதிர்மின் வாயருகே செறிவு இழப்பு}}{\text{நேர்மின் வாயருகே செறிவு இழப்பு}} = \frac{2}{1}$$

$$\text{அதாவது, } \frac{2}{1} = \frac{\text{ஏனியானின் திசைவேகம்}}{\text{கேடியானின் திசை வேகம்}} = \frac{u}{v}$$

$$\therefore \frac{\text{எதிர்மின் வாயருகே செறிவில் இழப்பு}}{\text{நேர்மின் வாயருகே செறிவில் இழப்பு}} = \frac{u}{v}.$$

$$\frac{\text{எதிர்மின் வாயருகே செறிவில் இழப்பு}}{\text{நேர் எதிர்மின் வாய்களருகே செறிவில் மொத்த இழப்பு}} = \frac{v}{u+v}$$

இங்கு $\left(\frac{u}{u+v}\right)$ என்பது ஏனியானின் மின்பெயர்ச்சி எண்ணாகும்.

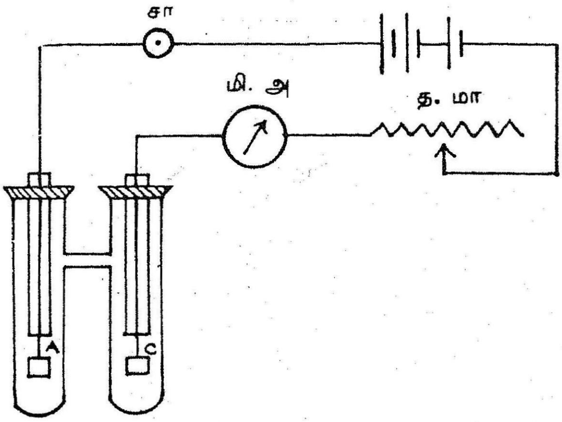
$\left(1 - \frac{u}{u+v}\right) = \frac{v}{u+v}$ என்பது கேடியானின் மின் பெயர்ச்சி எண்ணாகும். மின்வாய்களுக்குத் தரும்போது வேதியியல் வினை ஏற்பட்டால் நேர்மின் வாயருகே கரைசலின் செறிவு அதிகமாகவும், எதிர்மின் வாயருகே குறைவாகவும் காணப்படும்.

மின்பெயர்ச்சி எண்ணைக் கண்டுபிடித்தல்
(Determination of transport number)

(a) மின்வாய்களிடத்து வேதியியல் வினை ஏற்படாத மின்னாற் பகுப்பு (Electrolysis in which no chemical action takes place at the electrodes)

இதற்குப் பயன்படும் கருவியில் இரண்டு கண்ணாடிக் குழாய்கள், ஒரு சிறு கிடைக்கண்ணாடிக் குழாய் வழியாக இணைக்கப் பட்டிருக்கின்றன. சோதனையின்போது இரு குழாய்களிலும் உள்ள கரைசல்கள் ஒன்று சேர்ந்து விடாமலிருக்க, இவ்வாறு பொருத்தப் பட்டிருக்கிறது. கரைசலை வெளியே எடுப்பதற்காக ஒவ்வொரு

கண்ணாடிக் குழாயின் கீழ்ப்பாகத்திலும், அடைப்பான்கள் (stop cocks) பொருத்தப்பட்டிருக்கின்றன. தெரிந்த செறிவு கொண்ட (known concentration) வெள்ளி நைட்டிரேட்டு தண்ணீருடன் சேர்ந்த கரைசலை, குழாய்களில் நிரப்பிக்கொள்ளவேண்டும். இரண்டு பிளாட்டின மின் வாய்கள் A-யும், C-யும் குழாய்களின் கீழ் மட்டத்தில் இருக்குமாறு செலுத்தப்பட்டிருக்கவேண்டும்.



படம் 279

இங்கு A நேர்மின் வாயாகவும், C எதிர்மின் வாயாகவும் பயன் படும். 110 வோல்ட் அழுத்தமுள்ள மின்கலத்தின் நேர்முனை (+*ve*)யை நேர்மின் வாயான *A* யோடும், எதிர்முனை எதிர்மின் வாயான *C* யோடும் இணைக்கப்படவேண்டும். இவைகளுக் கிடையே படத்தில் காட்டியபடி ஒரு தடைமாற்றியையும் (rheostat) மில்லி அம்மீட்டரையும் (milli ammeter) ஒரு சாவியை யும் இணைக்கவேண்டும். தடை மாற்றியைக் கொண்டு, மின் னோட்டம் 10 மீட்டர் ஆம்பியராக இருக்குமாறு வைத்துக் கொண்டு, 2 மணி நேரம் மின்சாரத்தைச் செலுத்தவேண்டும். அதன் பிறகு மின்சாரத்தை நிறுத்திவிட்டு நேர்மின் வாயருகே யுள்ள கரைசலையும் எதிர்மின் வாயருகே உள்ள கரைசலையும் தனித்தனிக் குடுவையில் எடுத்துக்கொண்டு அந்தக் கரைசல் களின் செறிவு மதிப்பு (estimation of concentration) முறிவு மூலம் (titration) கணக்கிடவேண்டும். சோதனைக்கு முன்பிருந்த செறிவு மதிப்பு தெரியுமாதலால் சோதனைக்குப் பிறகு நேர்மின் வாயில் கரைசலின் செறிவு மதிப்பையும், எதிர்மின் வாயில் கரை சலின் செறிவு மதிப்பையும் கணக்கிட முடியும். அவைகளை

முறையே C_1 ஆகவும், C_2 ஆகவும் கொண்டால் எதிர் அயனிகளின் மின் பெயர்ச்சி எண்ணையும், நேர் அயனிகளின் மின் பெயர்ச்சி எண்ணையும் கீழ்க்கண்ட சமன்பாடுகளிலிருந்து தெரிந்து கொள்ளலாம்.

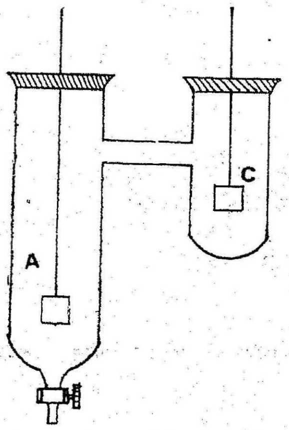
$$na = \frac{v}{u+v} = \frac{c_1}{c_1+c_2}$$

$$nc = \frac{u}{u+v} = \frac{c_2}{c_1+c_2}$$

மின் வாய்களிடத்து வேதியியல் வினை ஏற்படும் மின்னாற் பகுப்பு

(Electrolysis in which chemical actions take place at the electrodes)

இந்த மின்பகு மின்கலத்தில், (electrolytic cell) ஒரு நீண்ட செங்குத்துக் கண்ணாடிக் குழாயுடன், மற்றொரு குறுகிய செங்குத்துக் கண்ணாடிக் குழாயை படத்தில் காட்டியபடி ஒரு சிறு கிடைக் கண்ணாடிக் குழாய் மூலம் இணைக்கவேண்டும். அந்த நீண்ட செங்குத்துக் கண்ணாடிக் குழாயின் அடிப்பாகத்தில் ஓர் அடைப்பான் பொருத்தப்பட்டிருக்க வேண்டும். தெரிந்த செறிவு கொண்ட வெள்ளி நைட்டிரேட்டு தண்ணீருடன் சேர்ந்த கரைசலைக் கருவியில் நிரப்பிக் கொள்ள வேண்டும்.



படம் 280

நீண்ட குழாயில், கீழ் வரை செருகப்பட்டிருக்கும், வெள்ளி மின்வாய் A நேர்மின் வாயாகவும், குறுகிய குழாயில் கீழ்வரை செருகப் பட்டிருக்கும் வெள்ளி மின்வாய் C எதிர்மின்வாயாகவும் பயன்படுகின்றன. குழாயில் வைக்குமுன்பு எதிர்மின்வாயின் எடையைக் கண்டுபிடிக்கவேண்டும். ஒரு குறிப்பிட்ட அளவு நேரம் மின்சாரம் செலுத்தவேண்டும். பின்பு மின்னோட்டத்தை நிறுத்தி விட்டு நேர்மின் வாய்க் குழாயில் தேங்கியிருக்கும் ஒரு சிறிது கரைசலை வெளியே எடுத்து அதனுடைய செறிவை மதிப்பிட

வேண்டும். அப்போது நேர்மின் வாயில் கரைசலின் செறிவு C அளவு அதிகமாயிருப்பதை அறியலாம். எதிர்மின் வாயை வெளியில் எடுத்து அதனுடைய எடையைக் கண்டுபிடித்தால், அதிகமாயிருக்கும் அதனுடைய எடையைத் தெரிந்துகொள்ளலாம். இவ்வாறு அதிகமாயிருக்கும் எடையை w எனக் கொள்வோம்.

வெள்ளி நைட்ரேட்டுக் கரைசலில், மின்னூற்பகுப்பு நடைபெறும்பொழுது, வெள்ளி அயனிகள் நேர்மின் வாயின் இடத்திலிருந்து எதிர்மின் வாய் இடத்தை நோக்கிப் பெயர்ந்து செல்லும். அதுபோலவே நைட்டிரேட்டு அயனிகள் எதிர்மின்வாய் இடத்திலிருந்து, நேர்மின் வாய்க்கு நகர்ந்து செல்லும். ஒரே பருமனுள்ள (same volume) கரைசலில், மின்னூற் பகுப்பு நடப்பதற்கு முன்பும், அதற்குப் பின்பும் உள்ள வெள்ளியின் நிறையை 13·1426 என்றும் 12·5533 கிராம்கள் என்றும் கொள்வோம். நேர்மின் வாய்க்கும், எதிர்மின்வாய்க்கும் அருகிலே உண்டான செறிவு இழப்பானது, எதிர்மின் வாயின்மேல் படிந்த வெள்ளியின் நிறையால் கொடுக்கப்படுகின்றது.

$$\frac{\text{நேர்மின் வாயைச் சுற்றிச் செறிவு இழப்பு}}{\text{நேர், எதிர்மின் வாய்களைச்சுற்றிச் செறிவு இழப்பு}} = \frac{v}{u+v}$$

$$= 13{\cdot}1426 - 12{\cdot}5533$$

$$= 1{\cdot}291$$

இங்கு 1·291 கிராம்கள் என்பது எதிர்மின் வாயின்மேல் படிந்த வெள்ளியின் நிறையைக் கொடுக்கின்றது.

$$\therefore \frac{v}{u+v} = {\cdot}457$$

இந்த மதிப்புதான் கேடியானின் (Ag) மின் பெயர்ச்சி எண்ணாகும்.

இவ்வாறே ஏனியானின் (NO_3) மின் பெயர்ச்சி $= {\cdot}548$. இவற்றில் ஏனியான்கள் அதிக அளவு மின்னூட்டத்தைக் கொண்டு, அதிக வேகமாகவும் நகர வல்லன. இவ்வகையில் ஒரு குறிப்பிட்ட அழுத்த வாட்டத்தில் (potential gradient) வெள்ளி நைட்ரேட்டு அயனிகளின் மின் பெயர்ச்சி எண்களை மதிப்பிடலாம்.

அயனிகளின் தனித் திசைவேகம்
(Absolute velocities of ions)

அயனிகளின் நகர்வு (Ionic mobility)

முடிவிலாச் செறிவுக் குறைவுள்ள (infinite dilution) மின்பகு கரைசலான இணைமாற்றுக் கடத்து திறனை (equivalent conductivity) அறிந்துகொண்டு, ஒரு குறிப்பிட்ட அழுத்த வாட்டத்தில் அயனிகளின் கூட்டுத் திசை வேகம் (sum of the velocties) $(u+v)$-ஐக் கண்டுபிடிக்கலாம் என்பதை கோல்ராட்சு (kohlrausch) என்பவர் கண்டறிந்தார். $u+v$, மேலும் $\frac{v}{u}$, போன்றவைகளின் மதிப்பைத் தெரிந்துகொண்டு ஒரு குறிப்பிட்ட வாட்டத்தில், அயனிகளின் தனித் திசை வேகத்தை அறியலாம்.

முடிவிலாச் செறிவுக் குறைவு உள்ள ஒரு கரைசலை, காட்டாக சோடியம் குளோரைடை எடுத்துக்கொள்வோம். ஒரு க.செ.மீ. அளவில் அது m கிராம் இணைமாற்றுக் கொண்டுள்ளதாக எடுத்துக் கொள்வோம். அந்த ஒரு க.செ.மீ. கன அளவில் m கிராம் இணைமாற்று நேர் அயனிகளும் m கிராம் இணைமாற்றுள்ள எதிர் அயனிகளும் இருக்கும். ஒவ்வொரு கிராம் இணைமாற்றுள்ள ஓரணுத்திறன் (monovalent) அயனிகளும், e அளவு மின்னூட்டத்தைப் பெற்றிருந்தால் மின்பகு மின்கலத்தில் (electrolytic cell), ஒரு சதுர அலகு குறுக்கு வெட்டுப் பரப்பின் (unit area of cross section) வழியே, ஒரு வினாடியில் நேர் அயனிகளின் பொருட்டு, கடந்து செல்லும் மின்னூட்டம், meu ஆக இருக்கும். ஆகவே, மின்னோட்டத்தின் அடர்வு (density), அல்லது மின்பகு பொருளில் ஒரு சதுர அலகு குறுக்கு வெட்டுப் பரப்பின் வழியே செல்லும் மின் சாரத்தின் அளவு,

$$meu - (-mev)$$
$$= me\,(u+v)$$

இப்பொழுது k-ஐ மின்பகு பொருளின் தற்கடத்து திறனாகவும், $\frac{dv}{dx}$-ஐ மின்சாரம் செல்லும் வழியே உள்ள அழுத்த வாட்டமாகவும் கொண்டால் ஓமின் விதிப்படி மின்னோட்டத்தின் அடர்வானது,

$$k\,\frac{dv}{dx}.\ \text{இருக்கும்.}$$

ஆகவே,

$$me\,(u+v) = k\,\frac{dv}{dx.}$$

$$(u+v) = \frac{k}{m}\;\frac{1}{e}\;\frac{dv}{dx.}$$

இப்பொழுது, $\frac{dv}{dx} = 1$ வோல்ட்/செ.மீ. ஆக இருந்தால்,

$$(u+v) = \frac{k}{m}\;\frac{1}{e}$$

$e = 96500$ கூலங்களாகக் கொண்டால், (ஃபாரடேயின் விதிகளின்படி)

$$u+v = \frac{k}{m}\;\frac{1}{96500}$$

$$= \cdot 00001036 \times \frac{k}{m}$$

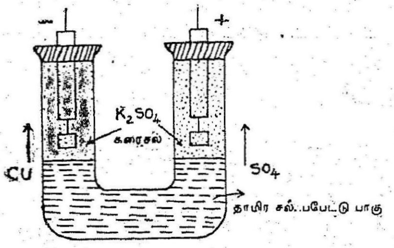
இங்கு $\frac{k}{m}$ மின்பகு பொருளின் இணைமாற்றுக் கடத்து திறனாகும் (equivalent conductivity). இதைத் தெரிந்துகொள்ள k-யின் மதிப்பைக் கணக்கிடவேண்டும்.

ஒரு செ. மீட்டருக்கு ஒரு வோல்ட் உள்ள அழுத்த வாட்டத்தில் $u+v$, $\frac{u}{v}$ ஆகியவைகளின் மதிப்பைத் தெரிந்துகொண்டு u, v ஆகியவைகளின் தனி மதிப்புகளைத் தெரிந்துகொள்ள முடியும்.

நேரடியாக அயனிகளின் நகர்வைக் கண்டுபிடித்தல்
(Direct determination of ionic mobilities)

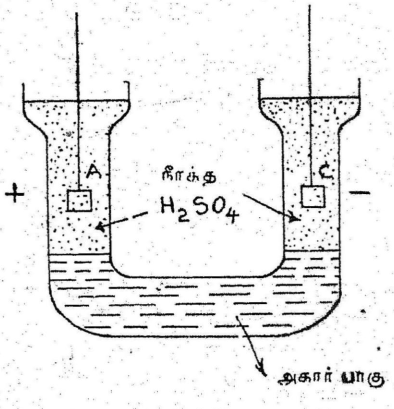
படத்தில் காட்டப்பட்டிருக்கும் உபகரணத்தின்மூலம், ஒரு குறிப்பிட்ட அளவு அழுத்த வாட்டத்தில், தாமிரம் போன்ற நிறமுள்ள அயனிகளின் நகர்வைக் காணமுடியும். நீண்ட புயங்களையுடைய (limbs) u குழாயில் தாமிர சல்ஃபேட்டு போன்ற சாதாரண நிறமுள்ள கரைசலை எடுத்துக்கொள்ள வேண்டும். அதில் 3 to 5 விழுக்காடு 'அகார் அகார்' (agar agar) கலந்திருக்க வேண்டும். அதுவாகவே பாகுபோலப் (jelly) படியுமாறு அந்தக் கரைசலை விட்டு வைக்கவேண்டும். அந்தப் பாகின் நிற எல்லையை (boundary) இரண்டு புயங்களிலும் குறித்துக் கொள்ள வேண்டும். அந்தப் புயங்களில் எல்லைகளுக்கு, மேலே மீதியுள்ள

இடங்களில், பொட்டாசியம் சல்ஃபேட்டு போன்ற நிறமுள்ள உப்புக் கரைசலை, நிரப்பிக்கொள்ளவேண்டும். இரண்டு மின்வாய்களான *A*-யும், *C*-யும் அந்த நிறமற்ற கரைசலில் செருகப்பட்டிருக்கவேண்டும். ஒரு அம்மீட்டர் தடைமாற்றி, சாவி முதலியவைகளோடு 200 வோல்ட் அழுத்தம் தரக்கூடிய மின் கலத்தை மின்வாய்களோடு இணைக்கவேண்டும். அந்த *u* குழாயில் ·3 அல்லது ·4 ஆம்பியர் மின்னோட்டத்தைச் செலுத்த வேண்டும். கீழே இருக்கும் பாகு, நிறமற்ற கரைசல்களை ஒன்று சேராமல் பிரிப்பதோடு, அயனிகள் புகுந்து செல்லவும் காரணமாய் அமைகிறது. மின்னோட்டம் நிகழும்பொழுது, நீலநிறமான தாமிர அயனி, எதிர்மின்வாயை நோக்கி மேலே செல்வதைப் பார்க்கலாம். ஒரு குறிப்பிட்ட நேரத்தில் எதிர்மின் வாயில் நீலநிற எல்லையின் இயக்கத்தைக் (motion) கொண்டு குறிப்பிட்ட அழுத்த வாட்டத்தில் தாமிர அயனியின் திசை வேகத்தைக் கணக்கிட முடியும். தாமிர சல்ஃபேட்டுக் கரைசலுக்குப் பதிலாக,



படம் 281

பொட்டாசியம் குரோமைடு கரைசலை எடுத்துக்கொண்டால், எதிர்மின் வாயில், உயர்ந்து செல்லும் மஞ்சள் நிற எல்லையைக் கொண்டு மஞ்சள் நிற அயனியின் திசை வேகத்தைக் கணக்கிட முடியும்.



படம் 282

சர் ஆலிவர் லாட்ஜ் (Sir Oliver Lodge) என்பவர் இது சம்பந்தமாக ஒரு புது முறையைக் கண்டுபிடித்தார். இந்த முறையில் மின்பகு பொருள் (நீர்த்த கந்தக அமிலம்) நிரப்பப்பட்ட இரண்டு பாத்திரங்கள் ஒரு கிடைக்குழாய் (horizontal tube) மூலம் இணைக்கப்பட்டிருக்கவேண்டும். அந்தக் கிடைக்குழாயில் காரம் ஊட்டப்பட்ட அகார் அகார் சோடியம் குளோரைடு பாகு கரைசலில் (Alkaline jelly solution) சிறிது பினைப்தலினும் (phenolphthalein) எடுத்துக்கொள்ளவேண்டும். [காட்டியாகப்

(indicator) பயன்படுவதற்காக இங்கு பினுப்தலின் சேர்க்கப்பட்டுள்ளது.] இரண்டு பிளாட்டினம் மின்வாய்களான A-யும், C-யும் அந்த அமிலத்தில் மூழ்க வைக்கப்பட்டிருக்கவேண்டும். மின்னேட்டம் நிகழும்பொழுது, எதிர்மின் வாயை நோக்கி நகரும் ஹைட்ரஜன் அயனிகள், சோடியம் குளோரைடு பாகோடு கலந்து Hcl ஆக மாறுகின்றன. அது பினுப்தலினை நிறமற்றதாக்குவதிலிருந்து அறிந்துகொள்ளலாம். கிடைக்குழாயிலிருக்கும் பினுப்தலின் நிறமிழக்கும் வேகத்தைக் கொண்டு (அதாவது Hcl ஆக மாறுவேகம்) ஹைட்ரஜன் அயனியின் மின் வேகத்தைக் கண்டு பிடிக்கலாம்.

நெர்ன்ஸ்டின் எல்லையின் அழுத்த வேறுபாட்டுக் கொள்கை

(Nernst's theory of boundary potential difference)

ஓர் உலோக உப்புக் கரைசலினுள் உலோகத் தகட்டை வைத்தால், ஒரு விசை உண்டாகி, அது தகட்டிலிருக்கும் நேர் அயனிகளைக் கரைசலுக்குச் செல்லத் தூண்டுகிறது. இது அந்த உலோகத்தின் கலவை அழுத்தம் (solution pressure) எனப்படும். இதனுடைய மதிப்பு கலவையையும் உலோகத்தையும் பொறுத்திருக்கும். மேலும் கரைசலில் சவ்வூடு பரவுகை அழுத்தம் (osmotic pressure) இருப்பதால் கரைசலிலிருக்கும் நேர் அயனிகள் உலோகத் தகட்டின்மீது படிவது சாத்தியமாகிறது. அந்த உலோகத்தின் கரைசல் அழுத்தம், சவ்வூடு பரவல் அழுத்தத்தைக்காட்டிலும் அதிகமாக இருந்தால், அந்தத் தகடு கரைசலிலிருந்து பெறும் அயனிகளைக்காட்டிலும் அதிகமான நேர் அயனிகளை இழந்துவிடும். அதன் காரணமாக அதனுடைய புறப்பரப்பில் (surfacc) எதிர் மின்னூட்டமும் (negative charge) உலோகத் தகட்டிற்கும், மின்பகு பொருளுக்கும் இடையேயுள்ள திரவபக்க எல்லையில் (liquid side of the boundary) கரைசலின் நேர் மின்னூட்டமும் உண்டாகும். ஆகவே, அந்த எல்லையில்உலோகத் தகடு குறைந்த மின்னழுத்தத்திலும் கரைசல் அதிகமின் அழுத்தத்திலும் இருக்கும் வகையில் ஒரு மின்விசைப்புலம் உண்டாகும். இதற்கு மாறாக, உலோகத்தின் கலவை அழுத்தம், சவ்வூடு பரவுகை அழுத்தத்தைக்காட்டிலும் குறைவாக இருந்தால், உலோகத்திலிருந்து கரைசலுக்குச் செல்லும் அயனிகளைக் காட்டிலும் அதிகமான நேர் அயனிகள் அந்த உலோகத்தில் படியும். ஆகவே, உலோகம் உயர்ந்த மின்னழுத்தத்திலும், கரைசல் குறைந்த மின்னழுத்தத்திலும் இருக்கும். இதை முதன் முதலில் கண்டறிந்தவர் நெர்ன்ஸ்ட் (Nernst) என்னும் அறிஞர் ஆவார். ஆகவே, இந்தக் கொள்

கைக்கு நெர்ன்ஸ்டின் எல்லை மின் அழுத்த வேறுபாட்டுக்கொள்கை என்று பெயர். துத்தநாக சல்ஃபேட்டுக் கரைசலில் (zinc sulphate solution) துத்தநாகத் தகடு வைக்கப்பட்டால், சவ்வூடு பரவுகை அழுத்தத்தைக் காட்டிலும், கரைசலின் அழுத்தம் அதிகமாக இருக்கும். ஆகவே, அதனுடைய எல்லையில், துத்தநாகம் குறைந்த மின்னழுத்தத்திலும் (lower potential), துத்தநாக சல்ஃபேட்டுக் கரைசல் உயர்ந்த மின்னழுத்தத்திலும் இருக்கும். தாமிர சல்ஃபேட்டுக் கரைசலில், தாமிரம் வைக்கப்பட்டால், சவ்வூடு பரவுகை அழுத்தத்தைக் காட்டிலும், கரைசல் அழுத்தம் குறைவாக இருக்கும். அதனால் தாமிரம் உயர்ந்த மின்னழுத்தத்திலும், தாமிர சல்ஃபேட்டுக் கரைசல், குறைந்த மின்னழுத்தத்திலும் இருக்கும்.

ஒரு தாமிரத் தகடும், தாமிர சல்ஃபேட்டுக் கரைசலும் கொண்டிருக்கும் ஒரு பாத்திரத்தில், துத்தநாக சல்ஃபேட்டுக் கரைசலும், துத்தநாகத் தகடும் அடங்கியிருக்கும் ஒரு நுண்துளைப் பாண்டத்தை (borous pot) வைத்தால், தாமிரத் தகட்டிற்கும் துத்தநாகத் தகட்டிற்கும் இடையேயுள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு, அந்தந்த உலோகத் தகடுகளுக்கும், அவைகளுடைய மின்பகு கரைசல்களுக்கும் இடையேயுள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடுகளின் குறியீட்டுக் கூட்டுத் தொகைக்குச் (algebraic sum) சமமாகும். மேலும், தாமிர துத்தநாகத் தகடுகள், நீர்த்த கந்தக அமிலம் கொண்டிருக்கும். பாத்திரத்தில் மூழ்க வைக்கப்பட்டிருந்தால், தகடுகளுக்கும் மின்பகு கரைசலுக்கும் இடையே தொடு மின்னழுத்த வேறுபாடு (contact potential difference) உண்டாகும்.

நேர்மாறுக்கத் தக்க மின்கலத்தின் மின்னியக்கு விசையைக் கணக்கிடுதல்

(Calculation of the e.m.f. of a reversible cell)

ஒரு வோல்டா மின்கலத்தின் (voltaic cell) தாமிர துத்தநாகத் தகடுகளை ஒரு கம்பியின் மூலம் இணைக்கும்போது, அக்கம்பியில் மின்னோட்டம் தாமிரத் தகட்டிலிருந்து துத்தநாகத் தகட்டிற்குச் செல்லும். மின்கலத்தினுள் இதே மின்னோட்டம் துத்தநாகத்திலிருந்து தாமிரத்திற்குச் செல்லும். துத்தநாகம் அமிலத்தில் கரையும்போதும் தாமிர சல்ஃபேட்டுக் கரைசலிலிருந்து தாமிரம் தகட்டில் படியும்போதும் வெளியிடப்படும் மொத்த அளவு ஆற்றலாலே, மின் ஆற்றல் உற்பத்திக்கு மூலமாகத் திகழுகிறது.

எந்த ஒரு மின்கலத்தில் வேதியியல் விளைவினால் வெளியிடப்படும் மொத்த அளவு ஆற்றல் முழுவதும், வெப்ப வடிவில் ஒரு சிறிதும் ஆற்றல் இழப்பின்றி முழுமையும் மின் ஆற்றலாக மாற்றப்படுகிறதோ, அத்தகைய மின்கலம் நேர் மாருக்கத்தக்க மின்கலம் (reversible cell) என்றழைக்கப்படுகிறது. மின்கலத்தின் மின்னியக்கு விசையைக்காட்டிலும், மிக்க் குறைந்த அளவு அதிகமாக இருக்கும் மின்னழுத்த வேறுபாட்டை வெளியேயுள்ள மூலகத்திலிருந்து கொடுப்பதாகக் கொள்வோம். நேர்மாருக்கத்தக்க மின்கலத்தின், நேர் எதிர் மின் வாய்களிடையே இத்தகைய மின்னழுத்த வேறுபாட்டைச் செலுத்தும் போது, மின்னோட்டம் மின்கலத்தின் நேர்மாருன திசையில் (reverse direction) செல்லும். அதாவது உயர் மின்னழுத்தத் தனிமத்திலிருந்து, தாழ் மின்னழுத்தத் தனிமத்தை நோக்கிப் பாயும். நேர் தனிமத்தைப் பெற்றிருக்கும் உலோகம் இப்போது கரையத் தொடங்கும். எதிர் தனிமத்தைப் பெற்றிருக்கும் உலோகம் எதிர் தகட்டில் படியத் தொடங்கும். டேனியல் (Daniell) மின் கலத்தைச் சற்றேறக் குறைய நேர் மாருக்கத்தக்க மின்கலத்திற்கு ஒப்பிடலாம். டேனியல் மின்கலத்தின் மின்னியக்கு விசையைக் காட்டிலும், சிறிதளவு அதிகமாகவுள்ள மின்னழுத்த வேறுபாட்டைத் தாமிர துத்தநாகத்திற்கிடையே செலுத்தும்போது, தாமிரம் கரையவும் துத்தநாகம் படியவும் செய்யும்.

வேதியியல் விளைவினால் வெளியிடப்படும் ஆற்றல் முழுவதும் எவ்வித இழப்புமின்றி மின் ஆற்றலாக மாற்றப்படும் என்ற கருத்தை வைத்துக்கொண்டு லார்டு கெல்வின் (Lord Kelvin) வெப்ப-வேதியியல் (thermo-chemical) அடிப்படையில் முதன் முதலில் டேனியல் மின்கலத்தின் மின்னியக்கு விசையைக் கணக்கிட எண்ணினர். ஒரு கூலம் (coulomb) மின்னூட்டத்தை, டேனியல் மின்கலம் உண்டாக்கும்போது, ·00034 கிராம் நிறையுள்ள துத்தநாகம் அமிலத்தில் கரையும். அதே சமயத்தில், ·00033 கிராம் நிறையுள்ள தாமிரம், தாமிர சல்ஃபேட்டிலிருந்து பிரிந்து படிகிறது. ஒரு கிராம் துத்தநாகமும், ஒரு கிராம் தாமிரமும் அமிலத்தில் கரையும்போது முறையே 1630, 881 கலோரிகள் வெப்பம் வெளியிடப்படுகின்றது என்பதை வெப்ப வேதியியல் அளவீடுகளிலிருந்து (thermo-chemical measurements) நாமறிவோம். இதிலிருந்து தாமிர சல்ஃபேட்டிலிருந்து 1 கிராம் தாமிரம் படிய, 881 கலோரிகள் உட்கவரப்படுகிறது என்பதை அறிய முடிகிறது. எனவே, ஒரு கூலம் மின்னூட்டத்தை டேனியல் மின்கலன் உற்பத்தி செய்யும்போது, துத்தநாகம் அமிலத்தில் கரைவதுமூலம் $1630 \times 0{\cdot}00034 \times 4{\cdot}2$ ஜூல்கள் அளவுள்ள

ஆற்றல் வெளியிடப்படுகிறது; $881 \times \cdot 00033 \times 4 \cdot 2$ ஜுல்கள் அளவுள்ள ஆற்றல், தாமிரம் படிவதன்மூலம் உட்கவரப் படுகிறது. எனவே, ஒரு கூலம் மின்னூட்டம், துத்த நாகத்திலிருந்து தாமிரத்திற்கு மின்கலத்தின் வழியேசெல்லும்போது, மின் கலத்தினுள் ஏற்படும் வேதியியல் வினைவினால் வெளியிடப்படும் ஆற்றலின் மொத்த அளவு ($1630 \times \cdot 00034 \times 4 \cdot 2 - 881 \times \cdot 00033 \times 4 \cdot 2$) ஜுல்கள் என்று கொடுக்கப்பட்டன. அதன் மதிப்பு = $1 \cdot 1$ ஜுல்கள் ஆகும்.

E என்பதை வோல்ட் அளவில், மின் கலத்தின் மின்னியக்கு விசையெனக் கொண்டால், ஒரு கூலம் மின்னூட்டம்மூலம் உண்டாகும் மின் ஆற்றலின் அளவு $E \times 1$ ஜுல்களாகும். எனவே டேனியல் மின்கலத்தை நேர்மாருக்கத் தக்க மின்கலமாக வைத்துக்கொண்டால் அதன் மின்னியக்கு விசை $1 \cdot 1$ வோல்ட்டுக்குச் சமமாகும். இம் மதிப்பு செய்முறை மதிப்புகளுடன் ஒன்றி வருவதை அறியலாம். கெல்வினுடைய (Kelvin) இந்தக் கொள்கை டேனியல் மின்கலத்தைப் பொறுத்தமட்டில் நிறைவைத் தருவதாக இருந்தபோதும், வேதியியல் வினைவுகளினால் வெளியிடப்படும் ஆற்றலின் மொத்த அளவு மின் ஆற்றலின் அளவுக்குச் சமமாக இல்லாததனால், மற்ற வோல்ட்டாயிக் மின்கலங்களில் நல்லதொரு முடிவினை இது தருவதில்லை.

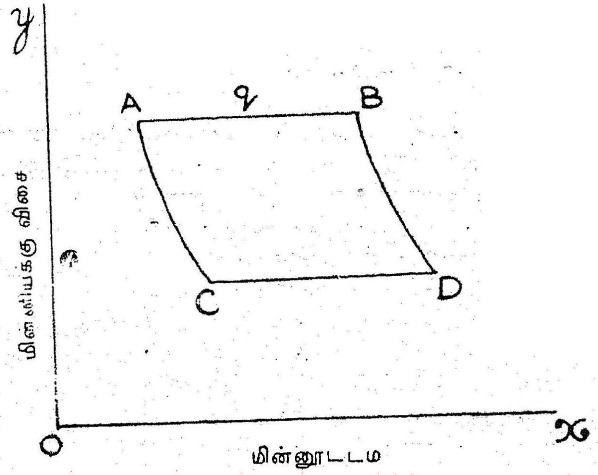
ஜிப்ஸ்—ஹெல்மோல்ட்ஸ் சமன்பாடு

(Gibbs—Helmholtz equation)

வெப்ப மாற்றத்திற்கு உள்ளாகும் நிலைக்குச் சிறப்பிடம் கொடுத்து, வெப்ப வியக்கவியல் (thermo - dynamics) விதியைப் பயன்படுத்தி ஜிப்ஸ், ஹெல்மோல்ட்ஸ் என்பவர்கள் கெல்வினுடைய கொள்கையை விரிவாக்கினார்கள். இதுவே ஜிப்ஸ்—ஹெல்மோல்ட்ஸ் சமன்பாடு (Gibbs–Helmholtz equation) என்று அறியப்படுகிறது.

T தனி வெப்ப நிலையில் (absolute temp.) ஒரு நேர் மாருக்கத் தக்க மின்கலத்தின் மின்னியக்கு விசையை E வோல்ட்டுகள் என்று கொள்வோம். q கூலம் அளவுள்ள மின்னூட்டம் மின் சுற்றில் முழுதும் சுற்றிச் செல்லும்வரை, ~~அந்த~~ மாருத வெப்பநிலை T-ல், மின்கலன் ஒரு மின்னேட்டத்தை உண்டுபண்ணு~~வதாகக்~~ கொள்வோம். சுட்டு வரை (படத்தில் (indicator diagram) AB என்ற கோடு இந்த மின்னூட்டத்தைக் குறிப்பதாகக் கொள்வோம்.

மாறு வெப்ப நிலையில், மின்னியக்கு விசை மாறுமலிருப்பதால் AB என்ற கோடு, மின்னூட்டத்தைக் குறிக்கும் அச்சுக்கு இணையாக இருக்கிறது. இந்த மாறு வெப்பநிலையுள்ள முறையில் (isothermal) பெறப்படும் ஆற்றலின் அளவு Eq ஜூல்களாகும். வெப்ப நிலையி



படம் 283

லிருந்து தனியாகப் பிரிக்கப்பட்ட (thermally isolated) மின் கலத்தை எடுத்துக்கொள்வோம். மேலும் dq அளவு மிகக் குறைந்த மின்னூட்டம் ஒரே திசையில் மின்கலத்தினூடே செல்வதாகவும் கொள்வோம். இந்த வெப்பம் மாறு முறையின்போது (adiabatic process) மின் கலத்தினால் உட்கவரப்படுகின்ற ஆற்றலே δT அளவு வெப்பநிலை குறைவதற்குக் காரணமாக விளங்குகிறது. இவ் விளைவினால் மின்கலத்தின் மின்னியக்கு விசை,

$$E - \frac{dE}{dT}$$

δT-க்குக் குறைகிறது. இதில் $\frac{dE}{dT}$ என்பது வெப்ப நிலையில் மாறுதலை யடையும், மின்கலத்தின் மின்னியக்கு விசையின் 'வீழும் வீதம்' (rate of fall) ஆகும். இந்த மாறு வெப்பமுறை நிகழ்ச்சி சுட்டு வரை படத்தில் BC-யின்மூலம் குறிக்கப்படுகிறது.

குறிப்பு : isothermal — வெப்பநிலைமாறு
adiabatic — வெப்பம் மாறு நிலை

$T-\delta T$ நிலையில் மின்கலத்தின் வெப்பநிலை மாருமலிருக்கும்படி பார்த்துக்கொள்வோம். q மின்னூட்டம் மின்கலத்தினூடே செல்லும்வரை, மின்னோட்டம் நேர்மாருன (reverse) திசையில் பாய்வதாகக் கொள்வோம். சுட்டு வரை படத்தில் CD என்ற கோடு இதனைக் குறிக்கும். மின்கலன் வெப்பநிலையிலிருந்து தனியாகப் பிரிக்கப்பட்டிருப்பதாகக் கொள்வோம். T° அளவு வெப்பநிலைக்கு மீண்டும் கொண்டுவரும்பொருட்டு, மின்கலத்தின் வழியே, dq அளவு மிகக் குறைந்த மின்னூட்டத்தைச் செலுத்துவதாகக் கொள்வோம். இந்த முறை வரைபடத்தில், DA என்ற கோட்டால் குறிக்கப்படுகிறது. இந்த நிலையில் அங்கு ஒரு முழுச் சுழற்சி நிறைவு பெறுகிறது. இந்தச் சுழற்சி முறை யாவும் மாறு திசையில் செல்லவும் தகுதி பெற்றிருப்பதால், இந்தச் சுழற்சி நேர் மாருக்கத் தக்க குணத்தைப் பெற்றிருக்கிறது. W என்பது சுழற்சியில் பயன்படுத்திய வேலையின் அளவாகக் கொண்டும், T என்ற தனிவெப்ப நிலையில், மூலத்திலிருந்து (source) கிடைக்கும் ஆற்றலின் அளவை h ஜூல்கள் எனக் கொண்டும், வெப்பவியக்க வியல் விதியிலிருந்து கீழ்க்காணும் சமன்பாட்டை எழுதலாம்.

$$\frac{W}{h} = \frac{\delta T}{T}$$

மின்கலத்தினல் செய்து முடிக்கப்பட்ட வேலையின் அளவு, AB முறையில் (process of AB) Eq ஜூல்களாகும். CD முறையில் நேர் மாருன திசையில் (reverse direction) இதன் அளவு $\left(E - \frac{dE}{dT}\delta T\right) q$ ஜூல்களாகும். δT குறைவதாக இருப்பதால் மாரு வெப்ப முறைகளான BC, DA ஆகியவற்றில் இடையே நிகழ்வுறும் வேலையின் வேறுபாடு தவிர்க்கக்கூடிய அளவில் (negligible) மிகக் குறைவாக இருக்கும். ஆகவே ஒரு முழு சுழற்சியில் மின்கலம் செய்த வேலையின் அளவு,

$$W = Eq - \left(E - \frac{dE}{dT}\delta T\right) q$$

$$= q\left(\frac{dE}{dT}\right)\delta T \text{ ஆகும்.}$$

$$\therefore \frac{q\left(\frac{dE}{dT}\right)\delta T}{h} = \frac{\delta T}{T}$$

அல்லது $h = qT\left(\frac{dE}{dT}\right)$ ஜூல்கள்

ஒரு கூலம் மின்னூட்டம், மின்கலத்தினூடே செல்லும்போது, ஏற்பட்ட வேதியியல் விளைவுகளினுல் வெளியிடப்படும் ஆற்றலின் அளவை H ஜூல்களாகக் கொண்டால், q மின்னூட்டத்தினுல் ஏற்படும் வேதியியல் விளைவின் மூலமாகக் கிடைக்கும் ஆற்றல் Hq ஜூல்களாகும்.

எனவே, AB என்ற வெப்பநிலை மாரு முறையில் (isothermal) உட்கவரப்படும் மொத்த வெப்பத்தை, ஆற்றலின் அலகுகளில் (energy units) $Hq + h$ என்ற முறையில் குறிப்பிடலாம். மின் கலத்தின், மின்னியக்கு விசையை E வோல்ட்கள் என்ருல், q கூலம் மின்னூட்டம் செல்வதால் உண்டாகும் மின்னுற்றல் Eq ஜூல்களாகும். எனவே,

$$Eq = Hq + qT\left(\frac{dE}{dT}\right)$$

அல்லது $$E = H + T\left(\frac{dE}{dT}\right)$$

இதுவே ஜிப்ஸ்-ஹெல்மோல்ட்ஸ் சமன்பாடு என்பதாகும். மேற்கண்ட சமன்பாட்டிலிருந்து, வெப்பநிலையுடன் மின்னியக்கு விசை மாறுபடும்போது $\frac{dE}{dT} = 0$, $E = H$ ஆகும். அதாவது மின் கலத்தினுள் ஏற்படும் வேதியியல் விளைகளின்மூலமாக வெளியிடப்படுவது மின்னுற்றலுக்கு மிகச் சரியாக இருக்கும். இது டேனியல் மின்கலத்திற்கும் கிட்டதட்டப் பொருந்திவரும். டேனியல் மின்கலத்திற்கு $\frac{dE}{dT} = 0$. எனவே, மின்கலத்தின் மின் இயக்கு விசை $E = H$. ஆனல் $H = 2{\cdot}66$ கலோரிகள். அதாவது $H = 2{\cdot}36 \times 4{\cdot}2 \times 10^7$ எர்குகள் $= 1{\cdot}112 \times 10^8$ எர்குகள் $= 1{\cdot}112 \times 10^8$ C.G.S. அலகுகள் $= 1{\cdot}112$ வோல்டுகள். $\frac{dE}{dT}$ நேர்க்குறியாக ($+ ve$) இருந்தால் அதாவது வெப்ப நிலையுடன் மின்னியக்கு விசையும் உயரும்போது $E > H$ ஆக இருக்கும். ஆகவே, மின்னேட்டத்தை நிலைநிறுத்தும்பொருட்டு மின்கலத்தைக் குளிர்படுத்துதல் வேண்டும். $\frac{dE}{dT}$ எதிர்க் குறியாக இருந்தால் ($-ve$) வெப்பநிலை உயரும்போது மின்னியக்குவிசை குறையும். ஆகவே, $E < H$ ஆக இருக்கும். இப்போது வேதியியல் விளைவுகளினுல் கிடைக்கும் அதிகப்படியான ஆற்றல் மின்கலத்தைச் சற்றுச் சூடாக்கப் பயன்படும்.

துணை மின்கலங்கள்
(Secondary cells)

டேனியல் லெக்லாஞ்சு (leclanche) மின் கலன்களில் மின்னோட்டம் உற்பத்தியாகும்போது ஊக்கமுள்ள பொருள்கள் (active materials) பயன்படுத்தப்படுகின்றன. எனவே, இப் பொருள்கள் அடிக்கடி மாற்றப்பட வேண்டியுள்ளன. இத்தகைய மின்கலன்கள் ஒரு குறிப்பிட்ட காலம்வரை நிலையாக இருக்கும் மின்னோட்டத்தையோ, அதிக மின்னோட்டத்தையோ அளிக்கமுடியாது. இவைகளால் ஏற்படும் வேதியியல் விளைவுகள் நேர் எதிர் தன்மையற்றவையாக (irreversible) இருக்கும். இத்தகைய குறைபாடுகள் துணை மின்கலங்கள்மூலம் தவிர்க்கப்படுகின்றன. இத்தகைய மின்கலன்களில், வெளியிலிருந்து மின்னோட்டம் செல்லும்போது மின்பகு பொருளிலிருக்கும் மின் வாய்களின் இடையே மின்னியக்கு விசை அதிகப்படுத்தப்படுகிறது. இத்தகைய மின்கலன்களில் வேதியியல் ஆற்றல் (chemical energy) சேமித்து வைக்கப்பட்டிருக்கிறது. இவைகளிலிருந்து மின்னோட்டம் வரும்போது அதனுள் ஏற்படும் வேதியியல் விளைவுகள், திருப்பப்பட்டு மின்னழுந்த வேதியியல் ஆற்றல், மின்னாற்றல் ஆக மாற்றப்படுகிறது. மின்னோட்டத்தைச் சேர்த்து வைத்துக்கொள்ளும் சேமிப்புக் கலன்களாக (reservoirs) இத்தகைய மின் கலங்கள் விளங்குவதால் இவைகளுக்கு மின் சேமிப்புக் கலங்கள் (storage cells) அல்லது மின் சேமக் கலன்கள் (accumulators) என்ற பெயரும் பொதுவாக வழங்கப்படுகிறது. ஈய அமில மின் சேமிப்புக் கலமும் (lead acid accumulator) கார மின் சேமிப்புக் கலமும் (alkali accumulator) துணை மின்கலங்களில் இரு முக்கிய மின்கலன்களாக விளங்குகின்றன.

ஈய அமில மின் சேமிப்புக் கலனில் மின்வாய்கள் மெல்லிய உலோகத் தகடுகளினாலாகிய தாங்கியின் வடிவில் ஈயத்தால் அமைக்கப்பட்டிருக்கும். 20 சதவீத நீர்த்த கந்தக அமிலம் (dilute sulphuric acid) உள்ள ஒரு கண்ணாடிப் பாத்திரத்தில் மேற்கண்ட இரு மின் வாய்களிருக்கும். மின்கலன் வழியாக வெளியிலிருந்து செலுத்தப்பட்ட மின்னோட்டம் நேர்மின் வாயிலிருந்து நேர்மின்வாய் தகட்டுக்குச் செல்லும். கந்தக அமிலத்தின் மின்னாற்பகுப்பு ஏற்படத் தொடங்கும்போது சல்ஃபேட் அயனிகள் நேர்மின் வாயையும் ஹைட்ரஜன் அயனிகளின் எதிர்மின் வாயையும் சென்றடையும். சல்ஃபேட்டு அயனி இரண்டு அடிப்படை எதிர் மின்னூட்டத்தை நேர்மின் வாய்க்குக் கொடுக்கும். நேர்மின் வாயிலிருக்கும் ஈய சல்ஃபேட்டோடு (lead sulphate)

இவை செயல் புரிந்து கருமையோடு கூடிய மரநிறத்தையுடைய ஈய பாராக்சைட் (lead peroxide PbO_2) உண்டாக்கும். எதிர்மின் வாயை அடையும் ஹைட்ரஜன் அயனிகள் நேர் மின்னூட்டத்தை அவற்றிற்குத் தந்து அந்த ஈய சல்ஃபேட்டை மென்மைத் தன்மை வாய்ந்த ஈயமாக (spongy lead) குறைக்கிறது. இம் முறையில் நேர் எதிர் மின்வாய்களிடையே நிகழும் விளைவுகளைக் கீழ்க் காணும் சமன்பாடுகள் குறிக்கும். நேர்மின்வாயில்,

$$PbSO_4 + SO_4^{--} + 2\,H_2O \longrightarrow PbO_2 + 2\,H_2SO_4 - 2e$$

எதிர்மின் வாயில்,

$$PbSO_4 + 2\,H^+ \longrightarrow Pb + H_2SO_4 + 2\,e$$

ஈய சல்ஃபேட்டு இவ்வாறு நேர்மின் வாயில் ஈய பராக்சைடு ஆகவும், எதிர்மின் வாயில் மிருது ஈயமாகவும் (spongy lead) மாறுவதைத் 'தட்டு உருவம் அடைதல்' (forming of plate) என்று சொல்லப்படும். அப்போது நேர் எதிர் மின்வாய்களையுடைய மின்கலன்கள் மின்னூட்டம் பெற்றதாகக் கூறப்படும். முழுமையாக மின்னூட்டம் பெற்ற மின் கலனில் மின்னியக்கு விசை 2·1 வோல்ட்டிலிருந்து 2·2 வோல்ட்டிற்கு உயரும். ஆனால், சிறிதளவு அம் மின்கலத்தைப் பயன்படுத்திய பின்பு அதன் மின்னியக்கு விசை 2 வோல்ட்டுகளுக்குக் குறைந்து ஒரு குறிப்பிட்ட காலம் வரை நிலையாக இருக்கும். மின்னூட்டம் நடைபெறும்போது கந்தக அமிலம் உண்டாவதால் அமிலத்தில் அடர்த்தி (density) அதிகமாகும். மின்னூட்டம் முழுமை பெறும்போது அமிலத்தின் ஒப்படர்த்தி எண் (specific gravity) 1·25க்கு அதிகமாக உயரும்.

வெளிச் சுற்றில் மின்னேட்டத்தை நிலை நிறுத்த (maintain) மின்கலன் பயன்படும்போது அது மின்னிறக்கம் (discharge) செய்யும் என்று தெரிகிறது. வெளிச் சுற்றில் மின்னேட்டம் உற்பத்தியாகும்போது ஹைட்ரஜன் அயனிகள், நேர் மின் தகட்டிற்கும், சல்ஃபேட்டு அயனிகள் எதிர் மின் தகட்டிற்கும் செல்லும். அப்போது ஏற்படும் நேர்மின்னூட்டம் வெளிச்சுற்றில் எதிர் மின் வாயிலிருந்து நேர் மின் வாய்க்குப் பாயும் எலெக்ட்ரான்களால், சமநிலைப்படுத்தப்படுகிறது. ஹைட்ரஜன் அணுக்கள் மின்னூட்டத்தைத் தந்தபிறகு, ஈய பராக்சைடை ஈய சல்ஃபேட்டாக மாற்றும். முன்பு கூறியபடி சல்ஃபேட்டு அயனிகள், இரு அடிப்படை எதிர் மின்னூட்டத்தை (two elementary negative charges) தந்த பின்பு ஈயத்தோடு கலந்து, ஈய சல்பேட்டை உண்டாக்கும்.

மின்னிறக்கம் ஏற்படும்போது நேர் எதிர்த் தகடுகளில், நிகழும் வேதியியல் கிரியை, கீழ்க்கண்ட சமன்பாடுகளினால் குறிக்

கப்படுகின்றன. நேர்மின் தகட்டில்,

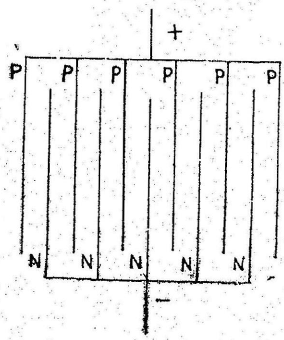
$$PbO_2 + 2H^+ + H_2SO_4 \longrightarrow PbSO_4 + 2H_2O + 2e$$

எதிர் மின் தகட்டில்,

$$Pb + S\overline{O}_4^- \longrightarrow PbSO_4 - 2e$$

எனவே, மின்கலனில் மின்னிறக்கம் ஏற்படும்போது, நீர் உண்டாக்கப்படுவதனுல், அமிலத்தில் அடர்த்தி குறைவதோடு மின்னியக்கு விசையின் மதிப்பும் குறைகிறது. அமிலத்தின் அடர்த்தி எண் குறைவது மின்கலத்தின் நிலையை எடுத்துக்காட்டும் நல்லதொரு குறிப்புக் காட்டியாக உள்ளது. 1·18க்கு அடர்த்தி எண் குறைந்து மின்னியக்கு விசை 1·8 வோல்ட்களுக்குக் குறையும்போது, அதைப் பயன்படுத்த வேண்டுமாயின் மீண்டும் மின்னூட்டம் கொடுக்கவேண்டும். 1·8 வோல்ட்டுகளுக்குக் கீழே அதன் மின்னியக்கு விசை குறைந்திருக்கும்போது மீண்டும் மின்னேட்டம் தந்தால் கரையா ஈய சல்ஃபேட்டு தகடுகளில் படிந்து பழைய நிலையை அடைய முடியாதபடி ஏற்படுத்திவிடும். எனவே மின்கலத்தின் பயனுறுதிறன் (efficiency) கணிசமான அளவு குறையும்.

முழுமையாக மின்னூட்டம் பெற்ற மின் சேமிப்புக் கலத்திலிருந்து வெளிவரும் மின்னூட்டத்தின் தன்மை அதில் இருக்கும் தகடுகளின் அளவையும், அவற்றின் இடைவெளியையும், பொறுத்து இருக்கும். பல எண்ணிக்கைகளையுடைய நேர் எதிர் மின் தகடுகளை அடுத்தடுத்து அமைப்பதின் மூலம், அதிக அளவு மின்னூட்டத்தைப் பெற முடியும். எல்லா நேர்மின் தகடுகளும் எதிர்மின் தகடுகளும் தனித்தனியே இணைக்கப்பட்டு இறுதியில் ஈயத் தண்டின் (rod) திருகுகளுடன் பிணைக்கப்பட்டிருக்கும். மெல்லிய மரத் தகடுகளின்மூலம் நேர் எதிர் தகடுகள் காப்பிடப்பட்டிருக்கும் (insulated). தகடுகளின் எண்ணிக்கையைப் பொறுத்தே மின்கலத்தின் சேமிப்புக் கொள்ளளவு இருக்கும். இது ஆம்பியர் மணிகள் (ampere-hours) மூலம் விளக்கப்படுகிறது. இத்தகைய மின்தேக்குத் திறன் (capacity) மறு மின்னூட்டத்திற்கு முன்பு எத்துணையளவு மின்னூட்டத்தை மின்கலன் வெளியிடும்



படம் 284

என்பதைக் குறிக்க உதவுகிறது. எடுத்துக்காட்டாக 80 ஆம்பியர்—மணி மின் தேக்குத் திறனுடைய ஒரு மின்கலன் 20 மணி நேரம்வரை 4 ஆம்பியர் அளவுள்ள நிலையான மின்னோட்டத்தையோ, அல்லது 30 மணி நேரம்வரை 2·66 ஆம்பியர்கள் மின்னோட்டத்தையோ அளிக்கக்கூடியதாக இருக்கும். மின் தேக்குத் திறனைப் பொறுத்து ஒவ்வொரு மின் கலத்திலும் உயர்ந்த அளவு மின்னோட்டத்தைப் பெறலாம். உயர் அளவு மின்னிறக்கம் மின்னோட்டத்தை (maximum discharge current) காட்டிலும் மின் கலத்திலிருந்து அதிக அளவு மின்னோட்டத்தை எடுக்கும்போது, சல்பேட் படிவதன் மூலம் (due to sulphating) விரைவில் அம் மின்கலம் அழிந்து விடும்.

மின்னிறக்கத்தின்போது தரப்படுகின்ற ஆம்பியர்-மணிக்கும் மின்னேற்றத்தின்போது தரப்படுகின்ற ஆம்பியர்-மணிக்கும் உள்ள விகிதப் பொருத்தமே (ratio) மின் சேமிப்புக் கலனின் ஆம்பியர் மணி பயனுறுதிறன் (ampere hour efficiency) ஆகும். அமில மின்சேமிப்புக் கலத்தின் இத் திறன் 90 விழுக்காட்டுக்கும் மேற்பட்டதாக இருக்கும். வாட்-மணி பயனுறுதிறன் (watt-hour efficiency) என்பது மின் சேமிப்புக் கலனில் மின்னிறக்கம் ஏற்படும்போது தரப்படுகின்ற வாட்மணிக்கும், மின்னேற்றம் ஏற்படும்போது கிடைக்கும் வாட் மணிக்கும் உள்ள விகிதத்தைக் குறிக்கிறது. இத் திறன் ஈய அமில மின்கலத்தில் 70 விழுக்காடு அளவு இருக்கும்.

ஈய அமில மின்கலத்தில் 'அகமின் தடை' (Internal resistance) 0·01 ஓம் (ohm) அளவிற்குக் குறைந்திருப்பதால், இம் மின்கலனில் குறுக்குச் சுற்று (short circuit) ஏற்படாவண்ணம் பார்த்துக்கொள்ள வேண்டும். இல்லையெனில் அதிக மின்னோட்டம் பாய்ந்து மின்கலனுக்கு நிலையான இழப்பைத் தந்துவிடும். மின் கலன்களிலுள்ள தகடுகளின் மட்டத்திற்குமேல் அமிலத்தின் மட்டம் (level) இருக்கும்படி செய்வதற்கு வேண்டியபோது, காய்ச்சி வடித்த நீரை (distilled water) ஊற்ற வேண்டும்.

ஈய அமில மின்கலன்களில் கீழ்கண்ட முக்கிய குறைபாடுகள் உள்ளன. (1) மின்கலத்தின் குறைந்த பயனுறு திறன் (2) மின்கலத்தின் எடை அதிகமாக இருக்கும். (3) நேர் மின் தகடுகளிலிருந்து, வினைபுரியும் உலோகங்கள் (active materials) படிப்படியாக விழுந்துவிடுவதால் ஏற்படும் மின்தேக்கு திறனின் இழப்பு, மின்கலத்தின் ஆயுளைக் குறைத்துவிடுகின்றது. நீண்ட காலமாக மின்கலன் பயன்படுத்தப்படாதபோது அமிலத்தை

அதிலிருந்து நீக்கி விடுதல் சாலச் சிறந்ததாகும். மின்னேற்றம் பெருத நிலையில், நீண்ட காலத்திற்கு மின்கலத்தை வைத்திருந்தால், அது அழிவுக்கு அடிகோலும்.

பயன்கள் :

நிலையான—மாருத மின்னழுத்தம் தேவைப்படும் செயல் முறைப் பரிசோதனைகளுக்கு இத்தகைய மின் சேமிப்புக் கலன்கள் பயன்படுகின்றன. அதிகப்படியாகச் சேமித்து வைக்கப்பட்டிருக்கும் பாட்டரிகள் அவசர காலங்களில் பயன்பட உதவும்.

எடிசன் காரமின் சேமிப்புக் கலன்

(The Edison alkali accumulator)

எடிசன் என்பவர் ஒரு வகையான காரமின் சேமிப்புக் கலனை உருவாக்கினர். மிகத்துல்லியமாகப் பிரிக்கப்பட்ட நிக்கலுடன் நிக்கல் ஹைடிராக்ஸைடு (nickel hydroxide) கலந்து இருக்கும் கலவை, நிக்கல் தகடுகளுடன் கூடிய எஃகுக் (steel) குழாயில் வைக்கப்பட்டிருக்கும். இதில் மிகச் சிறிய துவாரங்கள் இருக்கும். இத்தகு அமைப்பே மேற்கூறிய கலனில் நேர்மின் தகடாகும். கிரேஃபைட்டும் (graphite) பொடியாக்கப்பட்ட இரும்பு ஆக்சைடும் (iron oxide) கலந்த கலவை செவ்வக வடிவ உறையிலிட்டு நிக்கல் தகடுகளுடன் கூடிய சட்டத்தில் பொருத்தப்பட்டிருக்கும் அமைப்பே எதிர் மின்வாய் ஆகும். 20% உள்ள பொட்டாசிய ஹைடிராக்ஸைடுடன் (Potassium hydroxide) அதிக கடத்தும் திறனுக்காகச் சிறிதளவு லித்தியம் ஹைட்ராக்சைடு (lithium hydroxide) சேர்க்கப்படும் கரைசலே மின்பகு பொருளாகும். இந்த மின்வாய்களும், மின்பகு பொருளும் எஃகினுல் ஆகிய பாத்திரத்தில் வைக்கப்பட்டிருக்கும் மின் கலனின் மின்தேக்குத் திறனைக் குறைக்கச் செய்யும். மின்பகு பொருளில் உள்ள காற்றை உட்கவருவதைத் தடுக்க அப் பாத்திரம் ஒரு காற்றிறுக்க (air tight) வால்வினுல் மூடப்பட்டிருக்கும் வெளி மூலத்திலிருந்து, மின்னேட்டத்தை மின்கலத்தின் நேர் மின் தகட்டிலிருந்து எதிர் மின் தகட்டிற்குச் செல்வதன்மூலம் இந்த மின்கலத்தில் மின்னூட்டம் நடைபெறுகிறது. மின்கலனில் மின்னிறக்கம் ஏற்படும்போது மின் பகு பொருளின் செறிவு எவ்வித மாறுபாட்டிற்குள்ளாகாமல் நிலைத்திருக்கின்றது. கார மின்கலத்தின் மின்னியக்கு விசை 1·35 வோல்ட்களாகும். இது ஈய அமில மின்கலத்தைவிடச் மிகச் சிறியதாகும். அதோடு 50% அளவு இதன் பயனுறுதிறன், அதனை விடக் குறைவாக இருக்கும். மின்னிறக்கம் ஏற்படும்போது மின்

னியக்கு விசை தொடர்ச்சியாகக் கீழிறங்கும். அமில மின்கலனைக் காட்டிலும் இதன் விலை மிக அதிகமாகும்.

இம் மின்கலன்கள் ஓரிடத்திலிருந்து மற்றோர் இடத்திற்குத் தூக்கிச் செல்லக்கூடியனவாக இருக்கும். அதிக மின்னூட்டத்தையோ அல்லது மின்னிறக்கத்தையோ தாங்கும் ஆற்றல் பெற்றதாகவும் இருக்கும். மின்னூட்டம் ஏற்றப்படாமலே விடுவதால் எந்தவித இழப்பும் ஏற்படாது. மேலும் இவை மிகக் குறைந்த நேரத்தில் மின்னூட்டத்தைப் பெறக்கூடிய ஆற்றல் பெற்றன. இது எந்திர அதிர்வுகளினால் (mechanical vibration) பாதிக்கப்படாது. மேலும் இது ஈய அமில மின்கலனைக் காட்டிலும் நீடித்த உழைப்பைப் பெற்றது. பல எடிசன் மின்கலன்களைப் பெற்ற பாட்டரிகளை (battery) மின் தூக்கிகளை இயக்கவும் (electric traction) அவசர காலங்களில் குறைந்த அழுத்தமுள்ள மின் சுற்றில் ஒளி ஊட்டவும், பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

பயிற்சிகள்

(Problems)

1. ஒரு நீர் மின் பகுப்புக் கலத்தின் வழியாக, 1 ஆம்பியர் மின்னோட்டம் 5 நிமிடங்களுக்குப் பாய்கிறது. சேமிக்கப்பட்ட ஹைட்ரஜனின் கன அளவு 30°C-ல் 41 C.C. அந்த வெப்பநிலை அழுத்தம் 76·2 செ மீ. பாதரசம். ஹைட்ரஜனின் மின் வேதிய எண்ணைக் கண்டுபிடி. (electro chemical equivalent)

30°C-ல் ஈர ஆவியின் இழுவிசை (aqueous tensions) $= 3\cdot18$ செ.மீ.

ஹைட்ரஜனின் அழுத்தம் $= 76\cdot2 - 3\cdot18$

ஹைட்ரஜனின் கன அளவு (N.T.P-ல்)

$$= \frac{41 \times 73\cdot02 \times 273}{76 \times 303}$$

∴ பகுக்கப்பட்ட ஹைட்ரஜனின் பொருண்மை (mass)

$$= \frac{4\cdot1 \times 73\cdot02 \times 273}{76 \times 303} \times 0\cdot0000899$$

$$= 0\cdot003192 \text{ கிராம்கள்}$$

ஆகவே, ஹைட்ரஜனின் மின் வேதிய எண் (electro chemical equivalent)

$$= \frac{0\cdot003192}{5 \times 60 \times 1} = 0\cdot00001064 \text{ கிராம்/கூலம்.}$$

2. பொட்டாசியம், குளோரின் இவைகளின் அயன நகர் திறன் (ionic mobility) முறையே 762×10^{-6}, 791×10^{-6} செ.மீ. வினடி/வோல்ட்டு. கொடுக்கப்பட்ட கரைசல் முழுவதும் பகுக்கப்பட்டுவிட்டது என எடுத்துக்கொண்டு, பொட்டாசியம் குளோரைடு டெசிநார்மல் (decinormal) கரைசலின் கடத்தும் திறனைக் கண்டுபிடி.

$$\frac{U}{E} + \frac{V}{E} = 0{\cdot}01036 \times \frac{K}{C}$$

$$(762+791)\,10^{-6} = 0{\cdot}01036 \times \frac{K}{\frac{1}{10}}$$

$$\therefore\ K = \frac{1553 \times 10^{-6}}{0{\cdot}01036 \times 10} = 0{\cdot}01499 \text{ ஓம்}^{-1} / \text{செ.மீ.}$$

3. 2 வோல்ட்டு கொண்ட ஒரு மின் சேமக் கலம், 4 ஆம்பியரில் 10 மணி நேரம் மின் இறக்கப்படுகிறது. தொடக்க நிலைக்குக் கொண்டுவர இது 5 ஆம்பியரில் 9 மணி நேரம் மின்னேற்றப்படுகிறது. மின்கலத்தின் பின் மின்னியக்கு விசை 2·3 வோல்ட்டு (back e.m.f) எனவும் உள் மின்தடை 0·01 ஓம் எனவும் எடுத்துக் கொண்டு,

(1) 5 ஆம்பியரில் மின்னேற்றத் தேவையான மின்னழுத்தம்.

(2) ஆம்பியர் மணி பயனுறு திறன் (ampere hour efficiency)

(3) வாட் மணிப் பயனுறு திறன் (watt hour efficiency)

5 ஆம்பியர் மின்னேற்றத் தேவையான மின்னழுத்தம் = பின் மின்னியக்கு விசை + உள்மின் தடையில் ஏற்படும் மின்னழுத்த இறக்கம் (voltage deep).

5 ஆம்பியரில் மின்னேற்றப்படும்போது உள் மின் தடையில் ஏற்படும் மின்னழுத்த இறக்கம்

$$= 0{\cdot}01 \times 5 = 0{\cdot}05 \text{ வோல்ட்டு.}$$

மின்னூட்டத் தேவையான மின்னழுத்தம்

$$2{\cdot}3 + 0{\cdot}05 = 2{\cdot}35 \text{ வோல்ட்டு.}$$

இறக்கப்பட்ட மின்னோட்டம், ஆம்பியர் மணிகளில்

$$4 \times 10 = 40.$$

மின்னேற்றத் தேவையான ஆம்பியர் மணி $= 5 \times 9 = 45$

ஆகவே பயனுறு திறன் ஆம்பியர் மணிகளில்

$$= \frac{40}{45} \times 100 = 88 \cdot 9\%$$

மின்னிறக்கத்தின்போது பயன்படுத்தப்பட்ட சக்தி

$= 2 \times 4 \times 10 = 80$ வாட்டுமணி.

மின்னேற்றத் தேவையான சக்தி $= 2 \cdot 35 \times 5 \times 9$

$= 105 \cdot 8$ வாட்டுமணி.

ஆகவே சக்திப் பயனுறு திறன் $= \frac{80}{105 \cdot 8} \times 100$

$= 75 \cdot 6\%$

4. 2 ச. அடி பரப்புக் கொண்ட ஒரு தகட்டின் மேல் 2 மில்கள் தடிமனுக்கு வெள்ளி பூசப்படுகிறது. தேவையான மின்னேட்ட அளவை (quantity of electricity) ஆம்பியர் மணியில் கணக்கிடுக. 5 ஆம்பியர்/ச.அடி வீதம் பூசுவதற்குத் தேவையான நேரத்தைக் கணக்கிடு.

வெள்ளியின் அடர்த்தி $= 10 \cdot 5$ கிராம்/C.C.

வெள்ளியின் மின் வேதிய எண் $= 0 \cdot 001118$ கிராம்/கூலம்.

1 மில் $= \frac{1}{1000}$ அங்குலம்.

படியும் வெள்ளியின் கனஅளவு

$$= \frac{10 \cdot 5 \times 2 \times 144 \times 2 \cdot 54 \times 2 \cdot 54 \times 2 \times 2 \cdot 54}{1000}$$

$= 99 \cdot 08$ கிராம்.

தேவையான மின்னேட்ட அளவு $\frac{99 \cdot 08}{0 \cdot 001118} = 88630$ கூலம்

$$= \frac{88630}{3600} = 24 \cdot 62 \text{ ஆம்பியர் மணி.}$$

படிதலுக்குப் பயன்படுத்தப்பட்ட மின்சாரம் $= 10$ ஆம்பியர்

தேவையான நேரம் $= \frac{24 \cdot 62}{10} = 2 \cdot 462$ மணிகள்.

வினாக்கள் :

1. மின்னியக்க விசை 10 வோல்ட்டு கொண்ட ஒரு மின்னோட்டம், 2 ஓம் மின் தடையும், 1·5 வோல்ட்டு பின் மின்னியக்கு விசையும் கொண்ட நீர் மின்பகு கலத்தில் பாய்கிறது. மற்றப் பாகங்களின் மின் தடை குறிப்பிடத்தக்க அளவு இல்லை என எடுத்துக்கொண்டு சேகரிக்கப்பட்ட ஹைட்ரஜனின் எடை என்ன ? ஏற்படுத்தப்பட்ட வெப்பம்/மணி கலோரிகளில் என்ன ?

[ஹைட்ரஜனின் மின் வேதிய எண் = 0·00001084
$J = 4{\cdot}2 \times 10^7$].

2. ஒரு குறிப்பிட்ட நேர் எதிர் மின்கலம் 0°C-ல் 1.2 வோல்ட்டு மின்னியக்கு விசையைக் கொண்டுள்ளது. வேதியியல் வினையால் மின்கலத்தில் ஏற்படும் சக்தி = 0·29 கலோரி/கூலம். வெப்பநிலை 1°Cக்கு உயரும்போது ஏற்படும் மின்னியக்கு விசை மாற்றத்தைக் கணக்கிடு. (விடை :—0·00084 வோல்டு/டிகிரி)

3. மின்பகு கடத்தலின் ஆர்னியஸ் கொள்கையை விளக்கு. இக் கொள்கையை ஆதரிக்கும் சான்றுகளைக் கூறு.

(செப்டம்பர், 62.)

4. மின் பெயர்ச்சி எண் (transport number), அயனி நகர் திறன் (mobility of ions) இவைகளை வரையறு. மின்பகு கடத்தலின் ஆரனியஸ் (Arrhenius) கொள்கையை விளக்கு. கரைசலின் அயனி நகர்வு திறனைப் பரிசோதனைமூலம் எவ்வாறு கண்டு பிடிப்பாய்?

5. ஒரு குறிப்பிட்ட மின்கலம் 2·03 வோல்ட்டு மின்னியக்கு விசையையும் 0·257 ஓம் உள் மின் தடையையும் கொண்டுள்ளது. 0·0100Ω கொண்ட மின்தடை வழியாக 100 ஆம்பியர் மின்சாரம் செலுத்தத் தேவையான மின்கலங்கள் எத்தனை?

6. நேர் எதிர் மின்கலம் என்ருல் என்ன ? அம் மின்கலத்தின் மின்னியக்கு விசைக்கு ஜிப்ஸ்-ஹெம்மோல்ட்ஸ் சமன்பாட்டை அமைத்துக் காட்டு. இச் சமன்பாடு சிறப்பாகப் பொருந்தி அமைவதற்கான நிபந்தனைகளை விவரி. (செப்டம்பர், 67)

7. ஒரு குறிப்பிட்ட நேர் எதிர் மின்கலத்தின் மின்னியக்கு விசை 27°C-ல் 1·15 வோல்ட்டுகள். மின்கலத்தில் ஏற்படும் வேதியியல் வினையால் (chemical action) உண்டாகும் ஆற்றல் 0·32 கலோரி/கூலம் என்று எடுத்துக்கொண்டு மின்னியக்கு விசையின் மாறு வீதத்தைக் (rate of change of e.m.f) 1°C வெப்பநிலை உயர்வுக்குக் கண்டுபிடி. (ஏப்ரல், 61)

19. மின் காந்தத் தூண்டல்

(Electromagnetic Induction)

ஒரு கடத்தியின் வழியாக மின்னோட்டம் பாயும்பொழுது, அதைச் சுற்றிலும் காந்தப்புலம் உண்டாவதை, ஓர்ஸ்டெட் (Oersted) கண்டறிந்தார். இதற்கு நேர்எதிராக, ஓர் காந்தப் புலத்தை வைத்துக்கொண்டு, ஓர் கடத்தியில் மின்னோட்டம் உண்டாக்க முடியும், என்பதை ஃபாரடே (Faraday) உணர்ந்தார். இதை 1813 ஆம் ஆண்டு நிரூபித்தும் காட்டினார்.

நிலையாக வைக்கப்பட்டுள்ள, மூடிய மின் சுற்றின் அருகே, திடீரெனக் காந்தப் புலத்தை ஏற்படுத்தினாலோ அல்லது நீக்கினாலோ மின் சுற்றில் மின்னோட்டம் நிகழுகிறது; அல்லது காந்தப் புலத்தை நிலையாக வைத்துக்கொண்டு மின்சுற்றைத் திடீரென நகர்த்தினாலும், சுற்றில் மின்னோட்டம் நிகழுகிறது. இவ்வாறு நிகழும் மின்னோட்டம், மூடிய சுற்றிற்கும் காந்தப் புலத்திற்கும் ஓர் சார்பியக்கம் (relative motion) இருக்கும் வரைதான், நீடிக்கின்றது. மேலும் ஒரு மின்கல அடுக்கு, ஒரு தட்டுச் சாவி (tap key), இவைகளைக் கொண்ட ஒரு மின்சுற்றையும், ஒரு கால்வனோ மீட்டரைக் கொண்ட மற்றொரு மின்சுற்றையும், அருகருகே அமைத்துக்கொண்டு. தட்டுச் சாவியைத் திடீரென மூடினால், கால்வனோ மீட்டரில் விலக்கம் (deflection) ஒரு திசையிலும், திடீரெனத் திறந்தால் விலக்கம் எதிர்த்திசையிலும் ஏற்படுகிறது. மின்கலச் சுற்று, தொடர்ந்து மூடியேயிருந்தால் கால்வனோ மீட்டரில் விலக்கம் ஏற்படுவதில்லை. அதாவது கால்வனோ மீட்டர் சுருளில் மின்னோட்டம் நிகழுவதில்லை. முதன்மைச்சுற்றைத் தொடர்ந்து மூடியவாறே வைத்துக்கொண்டு, கால்வனோ மீட்டர் சுற்றை, முதன்மைச் சுற்றை நோக்கியோ அல்லது வெளிநோக்கியோ திடீரென நகர்த்தினால் விலக்கம் ஏற்படுகிறது.

இச் சோதனைகளிலிருந்து நாம் அறிவது முதன்மைச் சுற்றில் மின்னோட்டம் பாயும்பொழுது, அதைச் சுற்றிலும் காந்தப் புலம் ஏற்படுகிறது. அந்தக் காந்தப் புலத்தின் விசைக்கோடுகள்

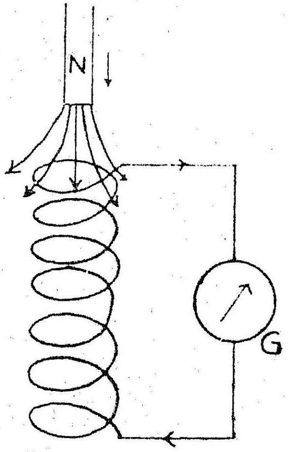
(lines of force) துணைச் சுற்றின் வழியாக நுழைகின்றன. திடீரென மின்னோட்டத்தை உண்டாக்கும்பொழுதோ அல்லது மின்னோட்டத்தை நீக்கும்பொழுதோ, துணைச் சுற்றில் பாயும் விசைக் கோடுகளில் எண்ணிக்கையில் ஒரு மாறுதல் ஏற்படுகிறது. அதாவது துணைச் சுற்றின் காந்தப் பாயத்தில் (magnetic flux) மாற்றம் ஏற்படுகிறது. துணைச் சுற்றை நகர்த்தும்பொழுதும், இதே மாற்றம் ஏற்படுகிறது. முதன்மைச் சுற்றில் மின்னோட்டம் தொடர்ந்து நிகழும்பொழுது, துணைச் சுற்றோடு தொடர்பு கொண்ட, காந்தப் பாயத்தில் மாற்றம் ஏற்படுவதில்லை. எனவே, நாமறிவது, மூடிய மின் சுற்றின் விசைக்கோடுகளின் எண்ணிக்கையில் மாறுதல் ஏற்பட்டால், அச் சுற்றில் மின்னோட்டம் நிகழுகிறது என்பதேயாகும். இங்ஙனம் ஏற்படும் மின்னோட்டம், தூண்டு மின்னோட்டம் எனவும், (induced current), இம் மின்னோட்டத்தை விளைவிக்கும் மின்னியக்கு விசை தூண்டு மின்னியக்கு விசை (induced E.M.F.) எனவும் அழைக்கப்படுகிறது. இவ் விளைவிற்கு மின் காந்தத் தூண்டல் எனப் பெயர்.

விசைக் கோடுகள் கடத்தியின் நீளவாட்டுத் திசையில் நகர்ந்தாலோ, அல்லது கடத்தி, விசைக் கோடுகளின் திசை நோக்கி நகர்ந்தாலோ தூண்டு மின்னியக்கு விசை ஏற்படுவதில்லை. விசைக் கோடுகள் கடத்தியை வெட்டிச் சென்றாலோ, ஒரு சுற்றின் குறுக்கு வெட்டுப் பரப்பின் குறுக்காக நகர்ந்தாலோதான், தூண்டு மின்னியக்கு விசையும், அதனால் தூண்டு மின்னோட்டமும் ஏற்படுகின்றன.

மின்காந்தத் தூண்டல் விதிகள்
(Laws of Electromagnetic Induction)

(a) ஒரு மூடப்பட்ட சுற்றோடு, தொடர்புபடுத்தப்பட்ட காந்தப் பாயம், எவ்வெப்பொழுதெல்லாம் மாற்றப்படுகிறதோ, அவ்வப் பொழுதெல்லாம், ஒரு தூண்டு மின்னியக்கு விசையும், மின்னோட்டமும் அச்சுற்றில் ஏற்படுத்தப்படுகின்றன. காந்தப் பாயத்தில் மாற்றம் நிகழ்ந்துகொண்டு இருக்கும்வரை தான், தூண்டுமின்னியக்கு விசையும், மின்னோட்டமும் நீடிக்கின்றன. இதுவே ஃபாரடேயின் விதியாகும்.

(b) மூடிய சுற்றோடு தொடர்புபடுத்தப்பட்ட காந்தப் பாயம் எந்த விகிதத்தில் மாற்றப்படுகிறதோ, அதற்கு நேர் விகிதத்தில் தூண்டு மின்னியக்கு விசை, மின்னோட்டம் இவைகளின் அளவெண்கள் (magritudes) இருக்கின்றன. இந்த விதி நியூமென்னால் (Newmann) விளக்கப்பட்டது.



NS ⟶ காந்தத் துண்டு
G ⟶ கால்வனோ மீட்டர்
படம் 285

(c) மின்சுற்றில் ஏற்படுத்தப்பட்ட தூண்டு மின்னியக்கு விசை, மின்னோட்டம் இவைகளின் திசைகள், அவைகளை உண்டாக்கக் காரணமாயிருந்த காந்தப் புலவியக்கம் அல்லது பாய மாற்றம் இவைகளை எதிர்க்கும் முறையில் அமைந்துள்ளன. இதுவே லென்ஸ் (Lenz's law) விதியாகும்.

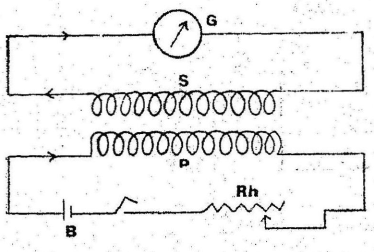
மின் காந்தத் தூண்டல் விதிகளைச் சோதனைமூலம் நிரூபித்தல்

(Experimental Demonstration of the laws of Electromagnetic Induction)

சோதனை (1): படம் 285-ல் காட்டியபடி ஒரு மின் சுருளை ஒரு கால்வனோ மீட்டரோடு இணைக்கவும். ஒரு காந்தத் துண்டின் வடமுனையைத் திடீரெனச் சுருளுக்குள் நுழைக்கவும். கால்வனோ மீட்டரில் விலக்கம் ஒரு திசையில் ஏற்படுகிறது. காந்தத் துண்டைத் திடீரென வெளியே எடுத்தால், எதிர்த் திசையில் விலக்கம் ஏற்படுகிறது. காந்தத் துண்டின் வடமுனை (north pole)க்குப் பதிலாகத் தென் முனையைச் சுருளினுள் திடீரென நுழைத்தால், வடமுனையைச் சுருளினுள் நுழைக்கும்பொழுது ஏற்பட்ட விலக்க திசைக்கு எதிர்த்திசையில் விலக்கம் ஏற்படுகிறது. தென் முனையைச் சுருளிலிருந்து திடீரென வெளியே எடுக்கும்பொழுது விலக்-

கம் எதிர்த் திசையில் ஏற்படுகிறது. எவ்வளவு வேகமாகக் காந்தத் துண்டு நகர்த்தப்படுகிறதோ அவ்வளவு அதிகமாக விலக்கம் ஏற்படுகிறது. வேகமாக நகர்த்தும்பொழுது அதிகமான காந்த விசைக் கோடுகள் வெட்டப்படுவதால், தூண்டு மின்னியக்கு விசையும், அதனுல் தூண்டு மின்னேட்டமும் அதிகமாகின்றன.

காந்தத் துண்டை நிலையாக வைத்துக்கொண்டு, சுருளைத் திடீரென வெளியே எடுத்தால், விலக்கம் ஒரு திசையிலும், சுருளைத் திடீரெனக் காந்தத் துண்டினுள் நுழைத்தால், எதிர்த் திசையிலும் ஏற்படுகிறது. சுருளை நகர்த்தும்பொழுதும், அதோடு தொடர்புகொண்ட காந்தப் பாயம் (magnetic flux) மாற்றமடைவதால், சுருளில் மின்னியக்கு விசை, அதனுல் மின்னேட்டம் ஏற்படுகிறது. சுருளின் நகர்த்தும் வேகத்தை அதிகமாக்கும்பொழுது, வெட்டுப்படும் காந்த விசைக் கோடுகளின் எண்ணிக்கையும் அதிகமாக்கப்படுகிறது. எனவே, மின்னேட்டம் அதிகமாகிறது; விலக்கமும் அதிகமாகிறது.



E - மின்கல அடுக்கு   P முதன்மைச சுருள்
K - தட்டுச் சாவி   S - துணைச் சுருள்
Rh - தடைமாற்றி   G - கால்வனே மீட்டர்

படம் 286

ஆனுல், காந்தத் துண்டிற்கும், சுருளுக்கும் தொடர்பியக்கம் இல்லாதிருக்கும்பொழுது, கால்வனு மீட்டரில் விலக்கம் ஏற்படுவதில்லை. காரணம், சுருளோடு தொடர்புகொண்ட காந்தப் பாயத்தில் யாதொரு மாற்றமும் ஏற்படுவதில்லை.

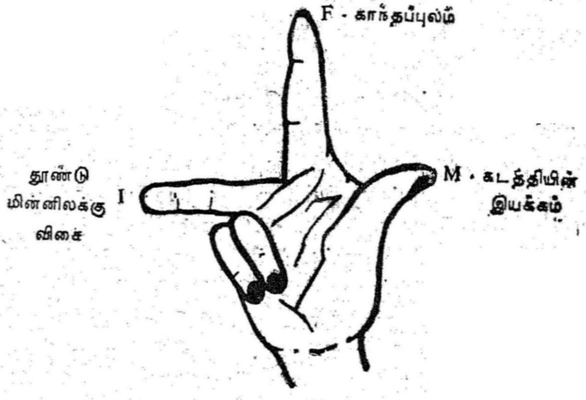
சோதனை (2): ஒரு மின்கல அடுக்கு (battery) தட்டுச் சாவி, (tap key) இவைகளைக் கொண்ட ஒரு முதன்மைச் சுற்றையும், கால்வனு மீட்டரைமட்டும் கொண்ட துணைச் சுற்றையும் எடுத்துக் கொண்டு (படம் 286) சாவியை மூடி, மின்னேட்டத்தைத் திடீரென முதன்மைச் சுற்றில் பாய்ச்சினுல், கால்வனு மீட்டரில் விலக்கம் ஏற்படுகிறது. காரணம், திடீரென மின்னேட்டம் முதன்மைச் சுற்றில் பாயும்பொழுது, முதன்மைச் சுற்ருேடு தொடர்பு கொண்ட காந்தப் பாய அளவு மாறுகிறது. இந்தப் பாயமாற்றமே, துணைச் சுருளோடு தொடர்புகொண்ட காந்த விசைக் கோடுகளில் ஒரு மாற்றத்தை ஏற்படுத்துகிறது. எனவே, துணைச் சுருளில் தூண்டு மின்னியக்கு விசையும், அதனுல் தூண்டு மின்னேட்டமும் ஏற்படுகின்றன. இப்பொழுது துணைச் சுற்றில்,

தூண்டு மின்னோட்டத்தின் திசை, முதன்மைச் சுற்றின் மின்னோட்டத்திற்கு எதிர்த்திசையிலுள்ளது. துணைச் சுற்றின் மின்னோட்டம் (inverse induced current) எதிர்த் தூண்டு மின்னோட்டம் என அழைக்கப்படுகிறது. முதன்மைச் சுற்றின் மின்னோட்டத்தைத் திடீரென வெட்டும்பொழுது, துணைச் சுற்றில் உண்டாகும் மின்னோட்டத்தின் திசை, முதன்மைச் சுற்றின் மின்னோட்டத்தின் திசையிலேயே அமைந்துள்ளது. இப்பொழுது துணைச் சுற்றின் மின்னோட்டம் (direct induced current) நேர் திசைத் தூண்டு மின்னோட்டம் என அழைக்கப்படுகிறது.

இதே போன்று, முதன்மைச் சுற்றை, துணைச் சுற்றை நோக்கி நகர்த்தினால் துணைச் சுருளில் எதிர்த் தூண்டு மின்னோட்டமும், முதன்மைச் சுற்றை, துணைச் சுற்றிலிருந்து தூரத்தே எடுத்துச் சென்றால், நேர் தூண்டு மின்னோட்டமும் நிகழுகின்றன.

∴ பிளெமிங் வலக்கை விதி
(Fleming's right hand rule)

'வலக்கையின் கட்டை விரல், ஆள்காட்டி விரல், நடுவிரல் மூன்றையும் ஒன்றுக்கொன்று செங்கோணம் உண்டாக்குமாறு விரிக்கவும் (படம் 287). இப்பொழுது, ஆள்காட்டி விரல் காந்தப் புலத்தின் திசையையும், கட்டை விரல் கடத்தியின் இயக்கத் திசையையும் காட்டினால், நடுவிரல், தூண்டு மின்னியக்கு விசையின் திசை, அதனால் தூண்டு மின்னோட்டத்தின் திசையைக் காட்டுகிறது.'



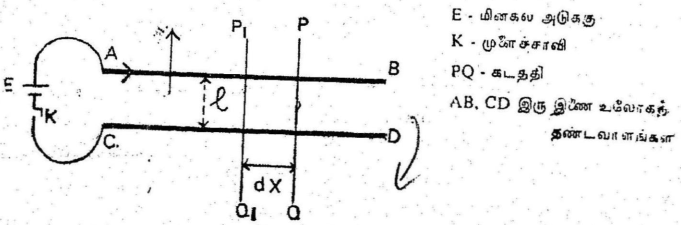
படம் 287

இதுவே ஃபிளெமிங் வலக்கை விதியாகும் வலக்கை விதியைப் பயன்படுத்தி, ஒரு தனிக் கடத்தியின் தூண்டு மின்னியக்கு விசை, அதனுல் தூண்டு மின்னோட்டத்தின் திசையைக் காணலாம்.

தூண்டு மின்னியக்கு விசையின் அளவெண் கணக்கிடல்

(The magnitude of the induced e.m.f.)

படம் 288-ல் AB, CD என்பவைகள் இரு இணையான உலோகத் தண்டவாளங்கள். அவைகளுக் கிடையேயுள்ள தூரம் l செ.மீ. களாக இருக்கட்டும். PQ என்பது ஒரு நகரும் கடத்தி. அது AB, CD நீளவாட்டிற்குச் செங்குத்தாக, அவைகளின் தளத்தின்மேல் வைக்கப்பட்டிருக்கின்றது. AB முனைகள் இரண்டும், மின்னியக்கு விசை E கொண்ட, ஒரு மின்சல அடுக்



படம் 288

குடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. மேலும் தாளின் தளத்தோடு, APQC யின் தளம் ஒன்றியிருக்கிறது. காந்தச் செறிவு H கொண்ட, ஒரு காந்தப் புலத்தைத் தாளின் தளத்திற்குச் செங்குத்தாக, தாளின் அடிப்பகுதியிலிருந்து மேல்பகுதியை நோக்கிச் செயல்படுத்தப் படுவதாகக் கொள்வோம். படத்தில் காட்டப் பட்டுள்ள திசையில் மின்னோட்டம் i, P பகுதியிலிருந்து Q பகுதிக்குப் பாய்கிறது. இப்பொழுது கடத்தி PQ வின்மேல் தாக்கப்படும் விசை, Hil ஆகும். இதனுல் கடத்தி, ஃபிளெமிங் இடக்கை விதியின்படி ACயை நோக்கி நகருகிறது. காலம் dt யில் அது நகர்ந்த தூரம் dx ஆக இருக்கட்டும்.

dx தூரம் நகரச் செய்யப்பட்ட வேலை $= Hil\,dx$

மூடிய சுற்றின் பரப்பளவில் ஏற்பட்ட மாறுதல் $= l dx$

$= dA$

பரப்பளவு dA வில் பாயும் மொத்தக் காந்த விசைக் கோடுகள்

$$= dN = H.dA.$$

dN என்பது பரப்பளவு dA வின், மொத்தக் காந்தப் பாயம் காலம் dt யில் மின்கல அடுக்கு வெளிப்படுத்திய ஆற்றல்

$$= Eidt.$$

ஜூல் வெப்பமாக உபயோகிக்கப்பட்ட ஆற்றல் $= i^2Rt$

R என்பது சுற்றின் மின் தடையாகும். ஆற்றல் அழிவின்மை விதி (principle of law of conservation of energy)க் கொள்கை முறையில்,

$$Eidt = i^2Rdt + idN$$

$$Edt = iRdt + dN$$

$$\therefore \quad i = \frac{E - \dfrac{dN}{dt}}{R.}$$

எனவே, தூண்டு மின்னியக்கு விசையினால், மின் சுற்றின் மின்னோட்டம் $\frac{E}{R}$, ஆக இல்லாமல், $\frac{E - \frac{dN}{dt}}{R}$ மதிப்பிற்குக் குறைக்கப்படுகிறது.

$$\therefore \text{ தூண்டு மின்னியக்கு விசை } = \frac{-dN}{dt}$$

எதிர்க்குறி அடையாளம் தூண்டு மின்னியக்கு விசை, மின்கல அடுக்கின் மின்னியக்கு விசைக்கு, எதிராக இருப்பதைக் காட்டுகிறது. எனவே, தூண்டு மின்னியக்கு விசை, சுற்றின் வழியாக வெளிப்படும் காந்தப் பாயத்தை எதிர்க்கின்றது. தூண்டு மின்னியக்கு விசை 'e' என்ற எழுத்தால், குறிப்பிட்டால், $e = \frac{-dN}{dt}$ ஆகும். மேலும் தூண்டு மின்னியக்கு விசை மின் காந்த அலகுகளில் விளக்கப்படுவது வழக்கம்.

$$1 \text{ வோல்ட்டு} = 10^8 \text{ மி. கா. அ.}$$

$$\therefore \ 1 \text{ மி. கா. அ.} = 10^{-8} \text{ வோல்ட்டுகள்.}$$

ஒரு மூடிய சுற்றில் தூண்டு மின்னேட்டம்

(Induced charge in a closed circuit)

மின்தடை R மதிப்பைக் கொண்டுள்ள ஒரு மூடிய மின் சுற்றை எடுத்துக்கொள்வோம். அதோடு தொடர்பு கொண்ட காந்தப்பாய மதிப்பை N_1-லிருந்து N_2-வுக்கு மாற்றுவதாகக் கொண்டால், சுற்றில் தூண்டு மின்னியக்கு விசையின் கணமதிப்பு,

$$e = -\frac{dN}{dt} \text{ மி. கா. அ.}$$

எனவே, தூண்டு மின்னோட்டத்தின் கணமதிப்பு,

$$i = \frac{e}{R} = \frac{-1}{R}\frac{dN}{dt.} \text{ மி. கா. அ.}$$

இத் தூண்டு மின்னேட்டம், சுற்றில் குறுகிய காலம், dtக்கு நீடிக்குமானல்,

$$\text{தூண்டு மின்னளவு} = idt$$
$$= -\frac{1}{R}\frac{dN}{dt}dt$$
$$= \frac{-dN}{R} \text{ மி. கா. அ.}$$

காந்தப்பாய மதிப்பு, N_1-லிருந்து N_2வுக்கு மாறும்பொழுது, சுற்றில் தூண்டு மின்னூட்டம்,

$$Q = \int dq = \int_{N_1}^{N_2} \frac{-dN}{R}$$
$$= \frac{N_1 - N_2}{R} \text{ மி. கா. அ.}$$
$$= \frac{\text{காந்தப் பாய மாற்றம்}}{\text{சுற்றின் மொத்த மின்தடை}}$$

$$1 \text{ ஓம்} = 10^9 \text{ மி. கா. அ.}$$

மின் தடை ஓம்களில் அளக்கப்படும்பொழுது, கடத்தியில் தூண்டு மின்னூட்டம்,

$$Q = \frac{N_1 - N_2}{R} \times 10^{-9} \text{ மி. கா. அ.}$$

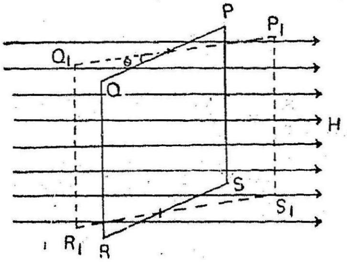
$$1 \text{ கூலம்} = 10 \text{ மி. கா. அ.}$$

$$\therefore Q = \frac{N_1 - N_2}{R} \times 10^{-8} \text{ கூலங்கள்.}$$

ஒரு சீர்காந்தப் புலத்தில் சீராகச் சுழலும் சுருளில் தூண்டு மின்னியக்கு விசை

(E. M. F. induced in a coil rotating uniformly in a uniform magnetic field)

காந்தச் செறிவு H ஓர்ஸ்டெட்டுகள் (oersteds) கொண்ட ஒரு சீர்காந்தப் புலத்தை எடுத்துக்கொள்வோம். அதன் தளம், தாளின் தளத்தோடு ஒன்றியிருக்கட்டும். தனது தளம் PQRS-ஐ காந்தத் தளத்திற்குச் செங்குத்தாகக் கொண்ட ஒரு சுருளை எடுத்துக்கொள்வோம். (படம் 289) அதன் சுற்றுக்களின் எண்ணிக்கை '*n*' ஆகவும், செயலுறு பரப்பு (effective area) A ஆகவும் இருக்கட்டும். முதலில் தளம் PQRS காந்தப்புலத் தளத்திற்கு 90°-ல் இருப்பதாகக் கொள்வோம். சுருள், ஒரு செங்குத்து அச்சு வழியாக மாருத கோண நேர் வேகம் W வில் சுழலட்டும். அங்ஙனம் சுழலும்போது, சுருளோடு தொடர்பு கொண்ட காந்தப் பாயம் மாறுகிறது. சுருள் தளம், காந்தப்புலத் தளத்திற்கு 90°-ல் அமையும்பொழுது, சுருளோடு தொடர்பு கொண்ட காந்தப் பாயம் பெரும் மதிப்பையும், சுருளின் தளம் காந்தத் தளத்தோடு 0° அமைக்கும்பொழுது, காந்தப் பாயம் சுழி மதிப்பையும் அடைகின்றன. சுருளின் தளம் அதன் தொடக்க நிலையோடு θ கோணம் அமைக்கும் எந்தக் கணம் *dt* யிலும், அதோடு தொடர்பு கொண்ட காந்தப் பாயம்,



படம் 289

$$N = HA \cos \theta \quad \ldots \quad 1$$

சுருளில் தூண்டு மின்னியக்கு விசையின் கணமதிப்பு,

$$e = -\frac{dN}{dt} \quad \ldots \quad 2$$

சமன்பாடு 1-ஐப் பகுக்கின்,

$$\frac{dN}{dt} = -HA \sin \theta . \frac{d\theta}{dt} \quad \ldots \quad 3$$

$\left(\frac{dN}{dt}\right)$யின் மதிப்பைச் சமன்பாடு 2-ல் பிரதியீடு செய்யும் பொழுது,

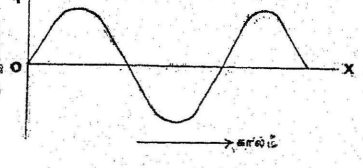
$$e = \text{HA} \sin\theta \frac{d\theta}{dt}$$

$$= \text{H A} w. \sin\theta \left(\because \frac{d\theta}{dt} = w\right) \quad \dots \quad 5$$

கோணம் θ வானது மாறும்பொழுது, சுருளோடு தொடர்பு கொண்ட தூண்டு மின்னியக்கு விசையும் மாறுகிறது.

$\theta = 0$	ஆக இருப்பின்,	$e = 0$
$\theta = \frac{\pi}{2}$	,,	$e = \text{HA}w.$
$\theta = \pi$	,,	$e = 0$
$\theta = \frac{3\pi}{2}$	,,	$e = -\text{HA}\, w.$
$\theta = 2\pi$	,,	$e = 0.$

இவ்வாறு, சுருளின் சுழற்சியின்பொழுது, முதல் கால் சுழற்சியில் தூண்டு மின்னியக்கு விசை மதிப்பு சுழியிலிருந்து பெருமத்திற்கும், இரண்டாவது கால் சுழற்சியில் பெருமத்திலிருந்து சுழிக்கும் மாறுகிறது. பின்னர் மின்னியக்கு விசையின் குறியடையாளத்தில் மாற்றம் ஏற்படுகிறது. மூன்றாவது கால் சுழற்சியில் தூண்டு மின்னியக்கு விசை, எதிர்த்திசையில், சுழியிலிருந்து பெருமத்திற்கும், கடைசிக் கால் சுழற்சியில், பெருமத்திலிருந்து சுழியையும் அடைகிறது. சுழல் கோணத்தோடு தூண்டு மின்னியக்கு விசை மாற்றம் படம் 290-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. அப்படம் ஒரு சைன் வளைகோடாக அமைந்துள்ளது. இவ்வாறு மாறும் மின்னியக்கு விசை, சைன் சாய்டல் (sinusoidal) அல்லது மாறுதிசை மின்னியக்கு விசை (alternating e.m.f.) என அழைக்கப்படுகிறது. சுருளின் வழியாக ஏற்படும் மின்னோட்டத்தின் கணமதிப்பு,



படம் 290

$$i = \frac{e}{R} = \frac{HAw}{R}\sin\theta.$$

இச் சமன்பாடு, சுற்றின் மின்னோட்டம் மாறு திசை மின்னோட்டம் என்பதைத் தெளிவாகக் காட்டுகிறது.

சுருள் $\theta = 0$ நிலையிலிருந்து, $\theta = \pi$ நிலைக்கு மாறும்பொழுது அதில் ஏற்படும் தூண்டு மின்னூட்டத்தைக் கணக்கிடல்:

சுருளின் வழியாகப் பாயும் தூண்டு மின்னோட்டத்தின் கண மதிப்பு, $i = \frac{HA\sin\theta}{R}\frac{d\theta}{dt}$. இம் மின்னோட்டம் சுருளில் குறுகிய காலம் dtக்கு நீடிக்குமானால், தூண்டப்பட்ட மின்னளவு,

$$dq = idt,$$

$$= \frac{HA}{R}\sin\theta\ \frac{d\theta}{dt}.\ dt.$$

$$= \frac{HA}{R}\sin\theta\ d\theta.$$

ஓர் அரைச் சுழற்சியின் பொழுது சுருளில் ஏற்படும் மொத்தத் தூண்டு மின்னூட்டம்,

$$Q = \int_{0}^{\pi} dq$$

$$= \int \frac{HA}{R}\sin\theta\ d\theta$$

$$= \frac{2HA}{R}\text{ மி. கா. அ.}$$

R-ன் மதிப்பு ஓம்களில் அளக்கப்பட்டால்,

$$Q = \frac{2HA}{R}\times 10^{-9}\text{ மி.கா.அ.}$$

$$= \frac{2HA}{R}\times 10^{-8}\text{ கூலம்கள்}$$

மனத்தில் இருத்திக் கொள்ளத் தக்கவைகள் :

$$e = -\frac{dN}{dt}$$

$$I = -\frac{1}{R}\frac{dN}{dt}$$

$$q = \frac{N_1 - N_2}{R}$$

1 ஓம் = 10^9 மி.கா.அ

1 வோல்ட்டு = 10^8 மி.கா.அ.

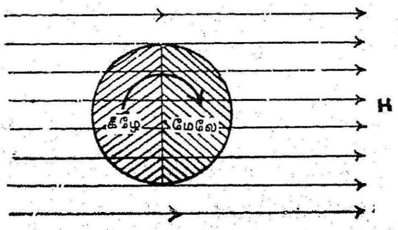
1 ஆம்பியர் = 10^{-1} மி.கா.அ.

1 கூலம் = 10^{-1} மி.கா.அ.

ஃபூகோ, (Foucault) அல்லது சுழி (Eddy)

மின்னேட்டம் :

ஓர் உலோகப் பொருளுக்கும், காந்தப் புலத்திற்கும் சார்பியக்கம் (relative motion) ஏற்படும்பொழுது, உலோகத் தோடு தொடர்புகொண்ட காந்தப் பாயத்தில் மாற்றம் உண்டா



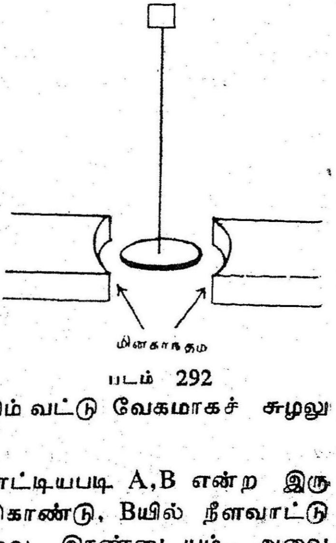
படம் 291

கிறது. எனவே, அவ் வுலோகத்தில் தூண்டு மின்னேட்டம் நிகழு கிறது. இதை 1885 ஆம் ஆண்டு, முதன் முதலில் ஃபூகோ என்பவர் கண்டார். எனவே, இம் மின்னேட்டம், ஃபூகோ அல்லது சுழி மின்னேட்டம் என அழைக்கப்படுகிறது. காட்டாகத் தினது அச்சைக் காந்தப் புலத்திசைக்குச் செங்குத்தாகக் கொண்ட ஓர் உலோக உருளை, காந்தப் புலத்தில் சுழலும்பொழுது, அதிக அளவெண் கொண்ட தூண்டு மின்னேட்டம் அதில் ஏற்படுகிறது. அம் மின்னேட்டத்தின் திசை, உருளையோடு தொடர்புகொண்ட காந்தப்பாய மாற்றத்தினை எதிர்ப்பதாக உள்ளது. மேலும் ஒரு நகரும் உலோகத்தில், சுழல் மின்னேட்டம் நிகழும்பொழுது, அவ் வுலோகம் வெப்பப்படுத்தப்படுகிறது. எனவே, ஆற்றல் வெப்பமாக வீணாகிறது. காந்தப் புலத்தில் சுழலும் ஓர் உலோகப்

பொருளின் சுழல் மின்னோட்ட ஆற்றல் இழப்பைக் குறைக்க, அவ் வுலோகம் அடுக்குகளாக உண்டாக்கப்பட்டு, அவ் வடுக்குகளுக்கிடையே காப்பிடு பொருள் வைக்கப்படவேண்டும். மின் மாற்றிகள் (transformers), திசை மாற்றிகள் (alternators) இவைகளின் உள்ளகங்கள் (cores) இரும்பு மென் தகடுகளாக அமைந்தவை. அத் தகடுகளுக்கிடையே காப்பு வார்னிஷ் வைக்கப்பட்டுள்ளது. இவ்வாறுன, இவைகள் சுற்றும்பொழுது, ஏற்படும் சுழி மின்னோட்ட ஆற்றல் இழப்பு குறைக்கப்படுகிறது.

சுழி மின்னோட்டம் கடத்திகளில் ஏற்படுவதை விளக்கும் சோதனைகள்

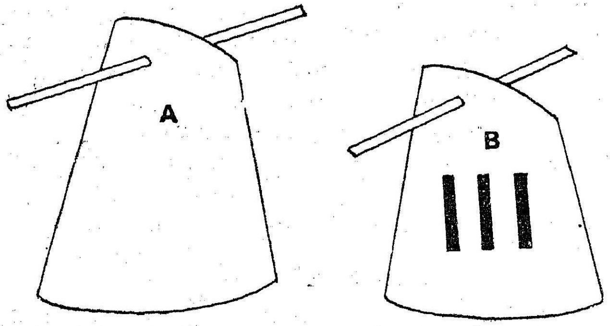
சோதனை 1 : படம் 292-ல் காட்டியபடி ஒரு பளுவான தாமிர வட்டை, பருத்தி நூலினுல் கட்டி, ஒரு மின்காந்த முனைகளுக்கிடையே தொங்கவிடவேண்டும். காந்தப் புலச் சுருளில் மின்னோட்டம் பாயாதபொழுது, வட்டைச் சுழலுமாறு செய்து, நூலை முறுக்கேற்ற வேண்டும். பிறகு நூலை முறுக்கடையச் செய்தால் வட்டு வேகமாகச் சுழலுகிறது. இப்பொழுது காந்தப் புலச் சுருளில் மின்னோட்டத்தைத் திடீரெனப் பாய்ச்சினுல் வட்டில் சுழி மின்னோட்டம் ஏற்பட்டு, அதன் சுழற்சியை மிக அதிகமாகத் தடை செய்கிறது. புலச் சுருளின் மின்னோட்டத்தை, நிறுத்தினுல், மீண்டும் வட்டு வேகமாகச் சுழலுகிறது.



படம் 292

சோதனை 2 : படம் 293-ல் காட்டியபடி A, B என்ற இரு ஒத்த தாமிரத் தட்டுக்களை எடுத்துக்கொண்டு, Bயில் நீளவாட்டு வெட்டுத் துளைகளை யிடவும். அவை இரண்டையும், அவைகளின் தளத்திற்குச் செங்குத்து அச்சு வழியாக அலைவுகளை உண்டாக்குமாறு பொருத்தவும். முதலில் தட்டு Aயை, ஒரு மின்காந்த முனைகளுக் கிடையே அலைவுகளை உண்டாக்கச் செய்யவும். அப்பொழுது, காந்தப் புலத்தை ஏற்படுத்தினுல், Aயில் சுழி மின்னோட்டம் ஏற்பட்டு, அதன் அலைவுகளைத் தடை செய்கிறது. எனவே, A சீக்கிரத்தில் சமநிலையை அடைகிறது. இவ்வாறு B தட்டையும் அலைவுகளை உண்டாக்கச் செய்து, அது அலைவுகளை உண்டாக்கிக் கொண்டிருக்கும்பொழுது, காந்தப் புலத்தை ஏற்

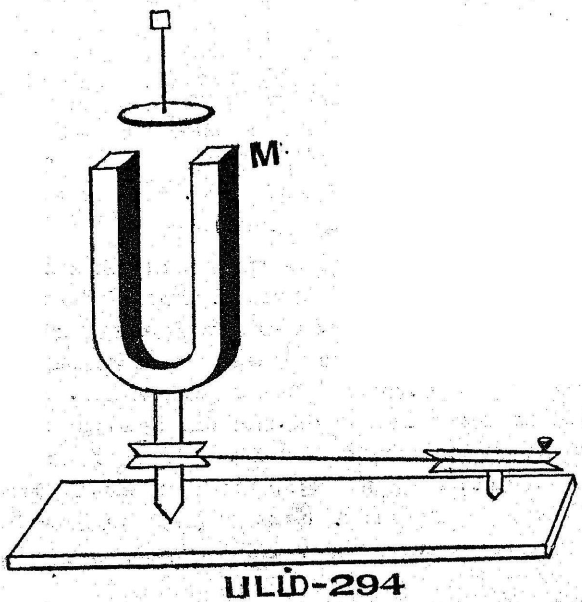
படுத்தினல், அதில் ஏற்படும் சுழி மின்னேட்டம்: வெட்டுத் துளை யின் காற்று இடைவெளிகளில் பாயமுடியாமல் தடைபடுகிறது.



படம் 293

எனவே, B தட்டு காந்தப் புலத்தில் நீண்ட நேரம் அலைவுகளை ஏற்படுத்துகிறது.

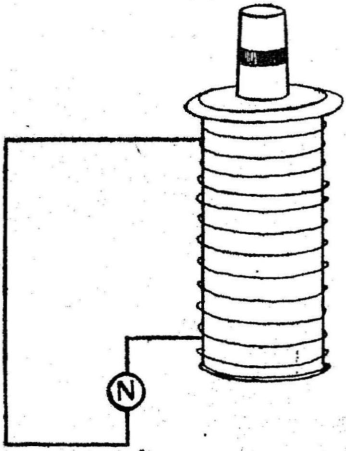
சோதனை 3 : ஒரு வலிமை மிக்க காந்தப் புலத்தின் திசைக் குச் செங்குத்தாக அச்சு அமைந்துள்ள ஒரு தாமிர உருளையை மிக வேகமாச் சுழலச் செய்யவும். சிறிது நேரத்தில் அவ் வுருளை வெப்ப மடைவதைக் காணலாம். இது உருளையில் சுழி மின் னேட்டம் ஏற்படுவதால் விளையும் விளைவாகும்.



படம்-294

சோதனை 4 :- ஒரு திறன் மிக்க குதிரைலாடக் காந்த முனைகளுக்கு மேலே, ஒரு முறுக்கு முகட்டிலிருந்து (torsion head), நீளமான நூலால், ஓர் தாமிரவட்டு Dயைத் தொங்க விடவும் (படம் 294). அக் காந்தத்தை ஒரு செங்குத்து அச்சுவழியாகச் கைச் சக்கரத்தினால் சுழலச் செய்தால், அதே திசையில் வட்டும் (disc) சுழலுவதைக் காணலாம். காரணம், காந்தம் சுற்றும்பொழுது வட்டோடு தொடர்புகொண்ட காந்தப் பாயம் மாறுகிறது. எனவே, தூண்டு மின்னோட்டம் அதில் ஏற்பட்டு, அதைச் சுழலச் செய்கிறது.

சோதனை 5 : ஒரு வரிச் சுருளின் உள்ளாக (core) இரும்புத் துண்டு, அதன் முனைகளுக்கு வெளியே நீட்டிக் கொண்டிருக்கு

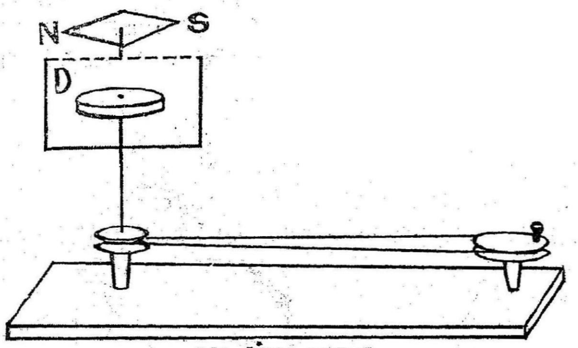


படம்-295

மாறு எடுத்துக்கொண்டு, வரிச் சுருளைச் செங்குத்தாகப் பொருத்தவும் (படம் 295). மேல் முனையில் வெளியே நீட்டிக் கொண்டிருக்கும் உள்ளகத்தில் ஓர் அலுமினிய வளையத்தை நழுவ விடவும். பிறகு ஒரு மாறுதிசை மின்னோட்டத்தை வரிச் சுருளின் வழியாகப் பாய்ச்சவும். வளையத்தோடு தொடர்புகொண்ட காந்தப் பாயத்தில் மாறுதல் விளைவதால், மிக வலிமையான தூண்டு மின்னோட்டம் வளையத்தில் பாய்கிறது. வளையம் சுதந்திரமாக நகரக் கூடியதாக இருந்தால், அது மேலும் கீழும் கடுமையாகத் தூக்கி எறியப்படுகிறது. வளையம் உள்ளகத்தோடு நிலையாகப் பொருத்தப்பட்டிருந்தால், அதில் அதிக வெப்பம் ஏற்படுகிறது.

சோதனை 6 : படம் 296-ல் காட்டியபடி, ஒரு தாமிர வட்டு D-யை ஒரு செங்குத்து அச்சில் சுழலும்படி பொருத்தவும். தாமிர

வட்டை ஓர் கண்ணுடிப் பெட்டியினுள் வைத்து, ஆடியின் மேல் பகுதியில் ஒரு காந்த ஊசி NS-ஐப் பொருத்தவும். வட்டைச் சுழலச் செய்யும்பொழுது, காந்த ஊசியில் விலகல் ஏற்படுகிறது.



படம்-296

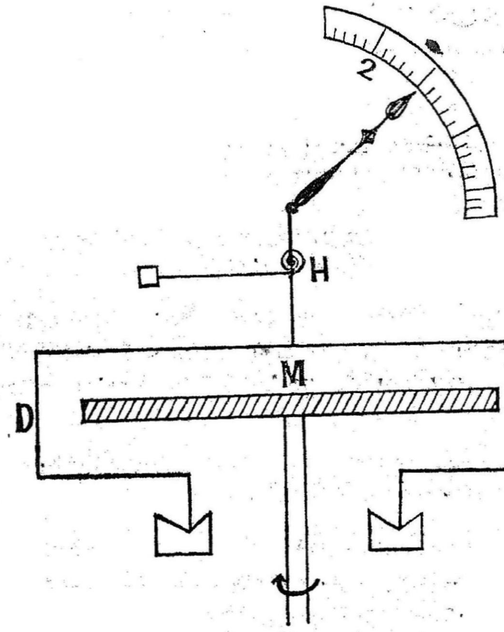
காரணம் வட்டு காந்தப் புலத்தில் சுழலும்பொழுது, அதில் தூண்டு மின்னோட்டம் ஏற்படுகிறது. வட்டின் சுழல்வேகத்தை அதிகரித்தால் காந்த ஊசி வேகமாகவும், தொடர்ச்சியாகவும், சுழலுகிறது.

சுழி மின்னோட்டத்தின் தடையூட்ட (damping) வெப்ப (heating) விளைவுகளின் பயன்கள் :

(a) சுழி மின்னோட்டத்தின் தடையூட்ட விளைவைப் பயன் படுத்தி, ஓர் அசைவு ஆடி கால்வனு மீட்டரை (mirror galvanometer) அலைவு காட்டா கால்வனு மீட்டராக மாற்ற லாம். தொங்கு சுருள்வகையைச் சேர்ந்த, ஓர் அசைவு சுருள் (suspended coil type) கால்வனு மீட்டரை (moving coil galvano-meter), நிலை மின்னோட்டத்தை அளக்கவும் பயன்படுத்தலாம். அதற்கு, அதன் சுருளை ஓர் உலோகச் (அலுமினியம் அல்லது தாமிரம்) சட்டத்தின்மேல் சுற்றவேண்டும். அச் சட்டத்தில், சுருள், விலக்க நிலையிலிருக்கும் (deflected position) பொழுது, ஏற்படும் சுழி மின்னோட்டம், அலைவுகளைத் தடையுறச் செய்து, விலக்க நிலையிலிருந்து சுருளை ஓய்வு நிலைக்கு விரைவாகக் கொண்டு வருகின்றது. இவ் வகைக் கருவிகள், அலைவுகாட்டா (aperiodic) அல்லது அலைவிலாக் (dead-bear) கருவிகள் என அழைக்கப்படுகின்றன.

(b) தானியங்கிகளின் (automobiles) வேகத்தைக் கணக் கிடும் வேகமானிகளில் (speedometers) சுழி மின்னோட்டத்தின்

விளைவு பயன்படுத்தப்படுகின்றது. இக் கருவியில், தானியங்கியின் சுழல் எந்திரத் தண்டோடு ஒரு காந்தவட்டு M, உறுதியாகச் சேர்க்கப்பட்டுள்ளது (படம் 297). ஒரு பொதிகையின் (bearings) மேல் சுழல் தானத்தில் (pivoted) பொருத்தப்பட்டு, கட்டுப்படுத்தும் மயிரிழைச் சுருள் (controlling hair spring) H ஆல் தன்னிலையில் வைக்கப்பட்டுள்ள, ஓர் உள்ளீடற்ற நீள்



படம்-297

உருளைப் பறை (cylindrical drum) Dயினுள், வட்டு M வைக்கப்பட்டுள்ளது. தானியங்கி நகரும்பொழுது, காந்த வட்டு, எந்திரத் தண்டோடு சுழல்கின்றது. இதனால், சுழற்சி தானத்தில் பொருத்தப்பட்டுள்ள அலுமினியப் பறையில் சுழல் மின்னோட்டம் ஏற்படுகிறது. அச் சுழல் மின்னோட்டம் பறை Dயைச் சுழலச் செய்கின்றது. பறையின் சுழற்சி, மயிரிழைச் சுருள் H ஆல் கட்டுப்படுத்தப்பட்டுள்ளது. எனவே, பறையானது, ஒரு கோணத்தின் வழியாக விலக்கப்படுகிறது. இவ் விலக்கம் தானியங்கியின் வேகத்திற்கு நேர் விகிதத்தில் அமைந்துள்ளது. பறையின் கோண விலக்கம், பறையோடு சேர்க்கப்பட்டுள்ள ஓர் அளவு கோலின் மேல் நகரும் காட்டி Pயின் இயக்கத்தினால் காட்டப்படுகிறது. அளவுகோல், தானியங்கியின் வேகத்தை

நேரடியாகக் காட்டும் முறையில், மணிக்கு இத்தனை மைல்கள் என்று அளவீடு செய்யப்பட்டுள்ளது.

(c) உலோகக் கலவைகளை உருக்குவதற்கு, தூண்டு உலைகளில் (induction furnaces), சுழல் மின்னோட்ட, வெப்ப விளைவு, பயன்படுத்தப்படுகின்றது. மிக அதிக, அதிர்வெண் கொண்ட (ஏறத்தாழ 30 ஆயிரம் மெகா—சைகிள்/வினாடி) ஒருமாறுதிசை மின்னோட்டத்தினால் உண்டாக்கப்படும், காந்தப் புலத்தில் வைக்கப் பட்டுள்ள, வெற்றிட அறையினுள் (vacuum chamber). உருக்க வேண்டிய, உலோகத்தையோ, அல்லது உலோகக் கலவையையோ போடவேண்டும். சுழல் மின்னோட்டத்தினால் ஏற்படும் வெப்பம் மிக அதிகமாக இருப்பதால், மிக வேகமாக, உலோகம் அல்லது உலோகக் கலவை உருகுகின்றது. வெவ்வேறு உலோகங்களைக் கொண்டு, ஒரு புதிய உலோகக் கலவை செய்யவும் இம் முறை பயன்படுத்தப்படுகிறது. அதற்கு, வெவ்வேறு உலோகங்களை, வெற்றிட அறையினுள் இட்டு, இம் முறையில் உருக்க வேண்டும்.

(d) மனித உடலின், பாதிக்கப்பட்ட திசுக்களை (tissues) வெப்பப்படுத்த, சுழல் மின்னோட்டத்தின் வெப்ப விளைவு, இக் காலத்தில் உபயோகப்படுத்தப்படுகிறது.

தன்மின் தூண்டல்

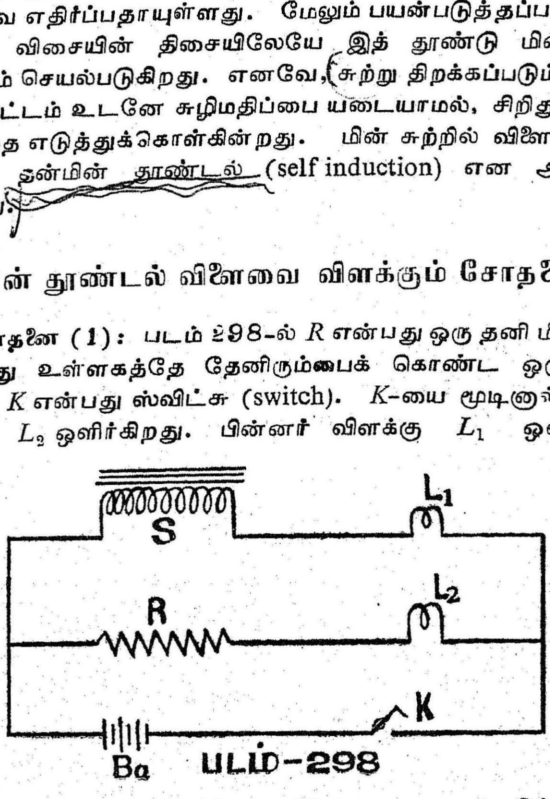
(Self—Induction)

ஒரு கம்பிச் சுருள், தடைமாற்றி, மின்கல அடுக்கு இவைகளைக் கொண்ட மின் சுற்று மூடப்படும்பொழுது, சுருளில் மின்னோட்டம் பெரும மதிப்பை (maximum value) அடைய, சிறிது நேரம் பிடிக்கின்றது. காரணம், சுற்றில் மின்னோட்டம் வளர்ச்சியடையும்பொழுது, சுருளோடு தொடர்புகொண்ட காந்தப் பாயத்தில் மாற்றம் ஏற்படுகிறது. இக் காந்தப் பாய மாற்றம் தொடக்கத்தில் சுழி மதிப்பிலிருந்து, மின்னோட்டம் பெரும மதிப்பை அடையும் பொழுது அதுவும் பெரும மதிப்பை அடைகிறது. இங்ஙனம், சுருளோடு தொடர்புகொண்ட காந்தப் பாயத்தில் மாற்றம் ஏற்படும்பொழுது, சுருளில் ஒரு தூண்டு மின்னியக்கு விசை அல்லது பின் மின்னியக்கு விசை (back E.M.F) ஏற்படுகிறது. இதன் திசை, பயன்படுத்தும் மின்னியக்கு விசையை எதிர்ப்பதாயுள்ளது. எனவே, சுருளில் மின்னோட்டம் பெரும மதிப்பை அடையச் சிறிது காலமாகிறது. மின்னோட்டம் பெரும மதிப்பை அடைய எடுத்துக்கொள்ளும் காலம்

ஒரு விநாடிப் பின்னத்திலிருந்து, சில விநாடிகள்வரை இருக்கலாம். இதேபோன்று மூடிய மின் சுற்று திறக்கப்படும்பொழுது, மின்னோட்டம் பெரும மதிப்பிலிருந்து, சுழி மதிப்பை யடையச் சிறிது காலம் எடுத்துக்கொள்கின்றது. காரணம், மின்னோட்டம் சிதையும்பொழுது, சுருளோடு தொடர்புகொண்ட காந்தப் பாயத்தில் மாற்றம் ஏற்படுகிறது. எனவே, சுருளில் தூண்டு மின்னியக்கு விசை ஏற்படுகிறது. இது, சுருளின் மின்னோட்டச் சிதைவை எதிர்ப்பதாயுள்ளது. மேலும் பயன்படுத்தப்பட்ட மின்னியக்கு விசையின் திசையிலேயே இத் தூண்டு மின்னியக்கு விசையும் செயல்படுகிறது. எனவே, சுற்று திறக்கப்படும்பொழுது மின்னோட்டம் உடனே சுழிமதிப்பை யடையாமல், சிறிது குறுகிய காலத்தை எடுத்துக்கொள்கின்றது. மின் சுற்றில் விளையும், இவ் விளைவு தன்மின் தூண்டல் (self induction) என அழைக்கப் படுகிறது.

தன்மின் தூண்டல் விளைவை விளக்கும் சோதனைகள்

சோதனை (1): படம் 298-ல் R என்பது ஒரு தனி மின் தடை; S என்பது உள்ளகத்தே தேனிரும்பைக் கொண்ட ஒரு கம்பிச் சுருள். K என்பது ஸ்விட்சு (switch). K-யை மூடினால் முதலில் விளக்கு L_2 ஒளிர்கிறது. பின்னர் விளக்கு L_1 ஒளிர்கிறது.

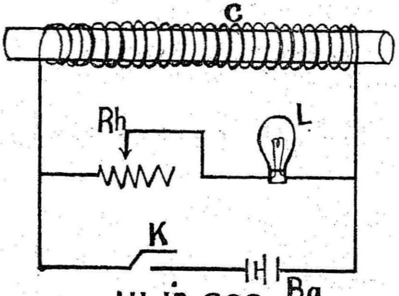


படம்-298

இதேபோல், K-யைத் திறக்கும்பொழுது, ஏற்படும் தூண்டு மின்னியக்கு விசை, மின்னோட்டம் பாய்வதைத் தொடர்ந்து நிலை நிறுத்த முயல்கின்றது. எனவே, சுருள் சுற்றில் மின்னோட்டம் சுழி மதிப்பையடையச் சிறிது காலமாகிறது. விளக்கு L_2 ஒளிர்வு, முதலில் மறைகிறது. பின்னர் L_1 ஒளிர்வு மறைகிறது.

சோதனை (2): ஒரு சுருளில் மின்னோட்டத்தைத் திடீரெனத் தடை செய்யும்பொழுது, விளையும் தன்மின் தூண்டலை, இச்

சோதனைமூலம் காட்டலாம். படம் 299-ல் *C* என்பது, அதிக எண்ணிக்கைச் சுற்றுக்களையுடைய ஒரு வரிச் சுருள் (solenoid). *Rh* என்பது தடைமாற்றி. *L* என்பது ஒளிரும் விளக்கு. *K* என்பது தட்டுச் சாவி. *Ba* என்பது மின்கல அடுக்கு. தட்டுச் சாவி *K*யை மூடிக்கொண்டு, மின் விளக்கு *L* ஒளிர ஆரம்பிக்கும்வரை, தடைமாற்றி *Rh*-ல் மின் தடையைச் சரிசெய்க. பின்னர்த் தட்டுச் சாவி *K*-யைத் திடீரெனத் திறக்கவும். வரிச் சுருளின் முனைகளில்



படம்-299

தூண்டு மின்னியக்கு விசை தோன்றி, அது விளக்கு *L*-ஐச் சுடர்விட்டு ஒளிரச் செய்கிறது. வரிச் சுருளின் உள்ளகத்தே தேனிரும்புத் துண்டு, அல்லது மின்காந்தத் துண்டை நுழைத்திருந்தால், ஒளிர்தல் இன்னும் மிகைப்படுகிறது. சாவி *K*-ஐ மூடும் பொழுதும் ஒளிர்தல் ஏற்பட்டாலும், அதன் ஒளிச் செறிவு குறைவாகக் காணப்படுகிறது. காரணம் மின்னோட்டத்தை நிறுத்தும்பொழுது, காந்தப் புலத்தை வரிச் சுருளிலிருந்து நீக்க எடுத்துக்கொள்ளும் காலம், மின்னோட்டத்தை ஏற்படுத்தும்பொழுது, காந்தப் புலத்தை உண்டாக்க எடுத்துக்கொள்ளும் காலத்தை விடக் குறைவாக இருப்பதுதான். மேலும் ஒரு கடத்தியில் மின்னோட்டத்தை நிறுத்தும்பொழுது, ஸ்விட்சில் மின்பொறி பறப்பதைக் காண்கின்றோம். காரணம் கடத்தியில் மின்னோட்டம் பாயும்பொழுது, அது தன்தூண்டலை உடைத்தாயிருக்கின்றது.

தன்மின் தூண்டல் எண்

(Coefficient of self Induction)

ஒரு சுருளில் மின்னோட்டம் பாயும்பொழுது, அதன் மதிப்பு குறுகிய காலத்தில், சுழியிலிருந்து, நிலையான பெருமத்தை அடைகிறது. அதன்பொழுது, சுருளோடு தொடர்புகொண்ட காந்தப் பாயமும் அதிகமாகிறது. மின்னோட்ட வளர்ச்சியின் எந்தக்

கணத்திலாவது, சுருளோடு தொடர்புகொண்ட காந்தப் பாயம் N ஆகவும், மின்னோட்டம் i ஆகவும் இருந்தால், பிறகு,

$$N \propto i$$

அல்லது $N = Li$ ... ... (1)

L என்பது, சுருளின் தன்மின் தூண்டல் எண் (coefficient of self induction) என அழைக்கப்படுகிறது.

$i = 1$ மின்காந்த அலகானால்

$N = L$

எனவே, தன்மின் தூண்டல் எண், கீழ்க்கண்டவாறு வரையறுக்கப்படுகிறது.

ஒரு சுருளின் தன்மின் தூண்டல் எண் என்பது, அச் சுருளின் வழியாக 1 மி.கா.அ. மின்னோட்டம் பாயும்பொழுது, அச் சுருளோடு தொடர்புகொண்ட காந்தப் பாயமாகும்.

சமன்பாடு 1-ஐப் பகுக்கின்,

$$\frac{dN}{dt} = L \frac{di}{dt}$$

சுருளில் தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசையின் கணமதிப்பு (instantaneous value) e ஆனால்,

பிறகு, $$e = \frac{-dN}{dt}$$

$$= -L \frac{di}{dt}$$

தூண்டு மின்னியக்கு விசை, அச் சுருளில் தூண்டு மின்னோட்டத்தை உண்டாக்குகின்றது. இம் மின்னோட்டம், முதன்மை மின்னோட்டத்தின்மேல் பொருத்தப்படுகிறது.

$\frac{di}{dt} = 1$ மி.கா.அ. மின்னோட்டம் / விநாடி ஆனால்,

$e = -L$ (எண்ணளவில்)

∴ சுருளில் பாயும், மின்னோட்ட மாறு வீதம் நொடிக்கு 1 மி.கா.அ. ஆக, இருக்கும்பொழுது, சுருளின் முனைகளுக்கிடையே தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசையே (எண்ணளவில்) அச் சுருளின் தன்மின் தூண்டல் எண் ஆகும்.

$$L = -\frac{e}{\left(\frac{di}{dt}\right)}$$

e = 1 மி.கா.அ. மின்னழுத்த வேறுபாடு,

$\frac{di}{dt}$ = 1 மி.கா.அ. மின்னோட்டம்/வினாடி ஆனால்,

L என்பது 1 மி.கா.அ. தன்மின் தூண்டல் எண்ணாகும்.

ஒரு சுருளின் வழியாக மின்னோட்ட மாறு வீதம் வினாடிக்கு 1 மி.கா.அ. ஆக இருக்கும்பொழுது, அச் சுருளில் தூண்டு மின்னியக்கு விசை 1 மி.கா.அ. ஆனால், அச் சுருளின் தன்மின் தூண்டல் எண் 1 மி.கா.அ. என அழைக்கப்படுகிறது.

தன்மின் நிலைம எண் (self inductance) அல்லது தன்மின் தூண்டல் எண்ணின் செய்முறை அலகு 1 ஹென்ட்ரி (henry) யாகும்.

ஒரு சுருளின் வழியாக மின்னோட்ட மாறுவீதம், வினாடிக்கு 1 ஆம்பியராக இருக்கும்பொழுது, அச் சுருளில் தூண்டு மின்னியக்கு விசை 1 வோல்ட், ஆனால் அச் சுருளின் தன்மின் நிலைம எண் 1 ஹென்ட்ரி என அழைக்கப்படுகிறது.

∴ 1 ஹென்ட்ரி $= \frac{\text{1 வோல்ட்}}{\text{1 ஆம்பியர் / வினாடி}}$

$= \frac{10^8 \text{ மின்காந்த அலகு மின்னழுத்த வேறுபாடு}}{10^{-1} \text{ மி.கா.அ. மின்னோட்டம் / வினாடி}}$

$= 10^9$ மி.கா.அ. நிலைம எண்

1 மில்லி ஹென்ட்ரி $= 10^{-3}$ ஹென்ட்ரி

$= 10^6$ மி.கா.அ. நிலைம எண்.

ஒரு தூண்டுச் சுற்றின் வழியாக ஒரு நிலைமின்னோட்டத்தை உண்டாக்கச் செய்த வேலை

(Work done in estabilishing a steady current in an inductive circuit)

ஒரு தூண்டுச் சுற்றில் மின்னோட்டம், சுழியிலிருந்து, நிலை பெரும மதிப்பை அடையும்பொழுது, மின்னோட்ட வளர்ச்சியை எதிர்க்கும் தூண்டு மின்னியக்கு விசைக்கெதிராக, வேலை செய்

தாகவேண்டும். மின்னோட்ட வளர்ச்சியின் ஏதாவதொரு கணத்தில், தூண்டு மின்னியக்கு விசையின் மதிப்பு e யும், சுருளின் வழியாகத் தூண்டு மின்னோட்ட மதிப்பு i யும் ஆனால், மின்னோட்டத்தை ஏற்படுத்தக் காலம் dt யில்,

செய்த வேலை $= dw$

$$= eidt.$$

ஆனால் $e = -L\frac{di}{dt}.$

$$\therefore \quad dw = -Li\frac{di}{dt}.dt$$

$$= -Lidi.$$

நிலை மின்னோட்டம் i_o யைச் சுற்றில் ஏற்படுத்தச் செய்த மொத்த வேலை, $W = \int dw$

$$= \int_{o}^{i_o} -Lidi$$

$$W = -\frac{1}{2}Li_o^2$$

தன் மின் தூண்டல் மின்னியக்கு விசையை, எதிர்க்கும் முறையில் வேலை செய்யப்படுகிறது என்பதை எதிர்க்குறி அடையாளம் குறிக்கின்றது.

$i_o = 1$ மி.கா.அ. மின்னோட்டமாக இருக்கும்பொழுது, $L = 2W$ (எண்ணளவில்)

ஒரு சுருளின் வழியாக 1 மி.கா.அ. நிலை மின்னோட்டத்தை ஏற்படுத்தச் செய்யப்பட்ட வேலையின் இரு மடங்கிற்கு (எண்ணளவில்) அந்தச் சுருளின் தன்மின் நிலைம எண் சமமாகும்.

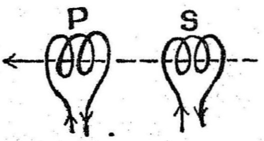
தூண்டுச் சுற்றில், நிலை மின்னோட்டத்தை ஏற்படுத்தச் செய்த வேலை, மின்னோட்டத்தோடு இணைந்த காந்தப் புலத்தில், நிலை ஆற்றலாக (potential energy) சேமித்து வைக்கப்பட்டிருக்கிறது.

பரிமாற்று மின் தூண்டல்

(Mutual Induction)

P,S என்ற முதன்மை, துணைச் சுருள்களை முறையே அருகருகே படம் 300-ல் காட்டியபடி வைத்திருப்பதாகக் கொள்வோம். சாவி Kயை மூடி முதன்மைச் சுற்றில் மின்னோட்டத்தை

ஏற்படுத்தும்பொழுது, P-யோடு தொடர்பு கொண்ட காந்தப் பாயம் மாறுகிறது. அவ் விசைக் கோடுகள் S-ல் நுழைந்து, அதன் காந்தப் பாய மாற்றம் சுழியிலிருந்து பெருமத்தை அடையச் செய்கின்றன. இதனால் துணைச் சுருளில் மின்னியக்கு விசை ஏற்படுகிறது. கால்வனு மீட்டரில் இப்பொழுது உண்டாகும் விலக்கம் (deflection), துணைச் சுற்றில் மின்னோட்டம், முதன்மைச் சுற்றின் மின்னோட்டத்திற்கு எதிராக உள்ளதைக் காட்டுகிறது. துணைச் சுருளில் இவ் வெதிர் மின்னோட்டம் (inverse current) முதன்மைச் சுருளின் காந்தப் புலத்திற்கெதிராக ஒரு காந்தப் புலத்தை ஏற்படுத்துகின்றது. துணைச் சுருளின் இவ் விசைக் கோடுகள், முதன்மைச் சுருளின், காந்த விசைக் கோடுகளை எதிர்க்கின்றன. விளைவு காந்த விசைக் கோடுகள், முதன்மைச் சுருளில் தூண்டு மின்னியக்கு விசையை ஏற்படுத்துகின்றன. இத் தூண்டு மின்னியக்கு விசை, முதன்மைச் சுருளின் மின்னோட்ட வளர்ச்சியைத் தாமதம் செய்கின்றது. இதேபோன்று, முதன்மைச் சுற்றில் மின்னோட்டத்தை முறிக்கும்பொழுது, துணைச் சுருளில் பாயும் விசைக் கோடுகளின் எண்ணிக்கை குறைகிறது. அதனால் துணைச் சுருளில் தூண்டு நேர் திசை மின்னோட்டம் (direct current) ஏற்படுகிறது. இத் தூண்டு நேர் திசை மின்னோட்டம், தூண்டு விசைக் கோடுகளை, முதன்மை மின்னோட்டம் உண்டாக்கும் தூண்டு விசைக் கோடுகளின் திசையிலேயே ஏற்படுத்துகின்றது. எனவே, மொத்த விசைக் கோடுகள், தூண்டு மின்னியக்கு விசையை முதன்மைச் சுருளில் ஏற்படுத்துகின்றன. இத் தூண்டு மின்னியக்கு விசை, முதன்மை மின்னோட்டம் முறியும் காலத்தைத் தாமதப்படுத்துகின்றது. முதன்மை, துணைச் சுருள்கள், காந்தப் புலங்களின் இந்தப் பரிமாற்றுச் செயலே, பரிமாற்று மின் தூண்டல் (mutual induction) என அழைக்கப்படுகின்றது.



படம்-300

பரிமாற்று மின்தூண்டல் எண்

(Mutual Inductance)

அருகருகே வைக்கப்பட்டுள்ள, P. S என்னும் இரு சுருள்களை எடுத்துக் கொள்வோம். சுருள் P யில் மின்னோட்டம் ஏற்படுத்தும் பொழுது, S ஓடு தொடர்புகொண்ட காந்தப் பாயம் மாறுகிறது. காந்தப்பாய அதிகரிப்பை எதிர்க்கும் முறையில் துணைச் சுருள் S-ல் தூண்டு மின்னியக்கு விசை ஏற்படுகிறது. S-ல் இத்

தூண்டு மின்னியக்கு விசையும், தூண்டு மின்னோட்டமும், அதோடு தொடர்புகொண்ட காந்தப்பாய அளவைச் சார்ந்திருக்கின்றன. சுருள்களின் கொடுக்கப்பட்ட நிலைகளுக்கு, முதன்மைச் சுருளில் மின்னோட்டம் i ஆக இருக்கும்பொழுது, துணைச் சுருளோடு தொடர்புகொண்ட காந்தப் பாய அளவெண் N ஆக இருந்தால்,

$$N \propto i$$

அல்லது

$$N = M i$$

பிறகு சுருள்களின் ஒரு கொடுக்கப்பட்ட நிலைகளுக்கு M என்பது ஒரு மாறிலியாகும். அது அச் சுருள்களின் பரிமாற்று மின் தூண்டல் எண் (coefficient of mutual induction) அல்லது பரிமாற்று மின் நிலைம எண் (mutual inductance) என அழைக்கப்படுகிறது.

$i = 1$ மி. கா. அ. ஆனால்

$N = M$ (எண்ணளவில்)

எனவே, இரு சுருள்களுக்கிடையேயுள்ள பரிமாற்று மின் தூண்டல் எண் என்பது, மற்றொரு சுற்றில் மின்னோட்ட மதிப்பு 1. மி. கா. அ. இருக்கும்பொழுது, ஒரு சுருளோடு தொடர்பு கொண்ட காந்தப் பாயத்தின் அளவாகும்.

M-ன் மதிப்பு, இரு சுருள்களுக்கு மிடையேயுள்ள தொலைவை யும், சுருள்கள் வைக்கப்பட்டுள்ள ஊடகத்தின் உட்புகு திறனையும் சார்ந்திருக்கின்றது.

சமன்பாடு (1) ஐப் பகுக்கின்,

$$\frac{dN}{dt} = M\frac{di}{dt}.$$

மற்றொரு சுருளில் மின்னோட்டம் i ஆக இருக்கும்பொழுது, ஒரு சுருளில் தூண்டு மின்னியக்கு விசை e ஆனால்,

$$e = -\frac{dN}{dt}$$

$$= -M\frac{di}{dt}$$

$\frac{di}{dt} = 1$ மி. கா. அ./வினாடி ஆனால்,

$$e = -M \text{ (எண்ணளவில்)}$$

எனவே, இரு சுருள்களுக் கிடையேயுள்ள பரிமாற்று மின் தூண்டல் எண் என்பது மற்றொரு சுருளில் மின்னோட்ட மாறு

வீதம் விநாடிக்கு, 1 மி. கா. அ. இருக்கும்பொழுது ஒன்றின் (எண்ணளவில்) தூண்டு மின்னியக்கு விசையாகும்.

மற்றொரு சுருளில் மின்னோட்ட மாறுவீதம் விநாடிக்கு 1 மி.கா.அ. இருக்கும்பொழுது, ஒரு சுருளில் தூண்டு மின்னியக்கு விசை 1 மி. கா. அ. ஆனால், இரு சுருள்களுக்குமிடையேயுள்ள பரிமாற்று மின் தூண்டல் எண் 1 மி. கா. அ. ஆகும். பரிமாற்று மின் தூண்டல், செய்முறை அலகும் ஹென்ட்ரியோகும்.

மற்றொரு சுருளில் மின்னோட்ட மாறு வீதம் விநாடிக்கு 1 ஆம்பியராக இருக்கும்பொழுது, ஒரு சுருளில் தூண்டு மின்னியக்கு விசை 1 வோல்ட் ஆனால், இரு சுருள்களுக்கிடையேயுள்ள பரிமாற்று மின் நிலைம எண் ஒரு ஹென்ட்ரியாகும்.

ஒரு வரிச்சுருளின் தன்மின் நிலைம எண்
(Self Inductance of a Solenoid)

காற்றை உள்ளகமாகக் கொண்ட ஒரு வரிச் சுருளைக் கருதுவோம். அதன் நீளம் l ஆகவும், குறுக்கு வெட்டுப் பரப்பு, A வாகவும், அதன் சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை ஒரு செ. மீ. நீளத்திற்கு n ஆகவும் இருக்கட்டும். i மி. கா. அ. மின்னோட்டம் அச்சுருளின் வழியாகப் பாயும்பொழுது, வரிச் சுருளினுள்ளே காந்தப் புலம்,

$$H = 4\pi n i \text{ ஓர்ஸ்டெட்டுகள்}$$

ஒவ்வொரு சுற்றோடும் தொடர்பு கொண்ட

$$\text{காந்தப்பாயம்} = H A$$
$$= 4\pi n i A.$$

எனவே nl எண்ணிக்கையுள்ள சுற்றுகளோடும் தொடர்பு கொண்ட

$$\text{காந்தப் பாயம்} = N$$
$$= 4\pi n i A \times n l$$
$$= 4\pi n^2 A l i \quad \ldots \quad (1)$$

வரிச்சுருளின் தன்மின் தூண்டல் எண் L ஆனால்,

$$N = Li \quad \ldots \quad \ldots \quad (2)$$

∴ சமன்பாடுகள் 1, 2 களிலிருந்து,

$$Li = 4\pi n^2 A l i$$

$$\therefore L = 4\pi n^2 A l \text{ மி. கா. அ.}$$
$$= 4\pi n^2 Al \times 10^{-9} \text{ ஹென்ட்ரிகள்.}$$

வரிச்சுருளின் உள்ளகம் முழுவதும், உட்புகு திறன் μ கொண்ட, ஓர் இரும்பு வைக்கப்பட்டிருந்தால், பிறகு

$$L = 4\pi \mu n^2 A l \times 10^{-9}$$ ஹென்ட்ரிகள் ஆகும்.

முனையிலா வரிச்சுருளின் அல்லது நங்கூரவளையத்தின் மின் நிலைம எண்

(Inductance of an endless Solenoid or an Anchor ring)

ஒரு செ. மீ. நீளத்திற்கு n சுற்றுகளையும், சராசரி ஆரம் r செ. மீ. யையும் கொண்ட ஒரு நங்கூர வளையத்தை எடுத்துக் கொள்வோம். அதன் குறுக்கு வெட்டுப் பரப்பு A ச. செ. மீ. ஆகவும் அதை நிரப்பும் ஊடகத்தின் உட்புகுதிறன் μ வாகவும் இருக்கட்டும். சுருளின் வழியாக i மி. கா. அ. வலிமை கொண்ட மின்னோட்டத்தைப் பாய்ச்சும்பொழுது, வெளிப்படும் காந்தப் புலம், $H = 4\pi ni$

காந்தப் பாய அடர்த்தி $= \mu H$

$= 4\pi \mu ni$

ஒரு சுற்றோடு தொடர்புகொண்ட காந்தப் பாயம்,

$= 4\pi\mu ni A.$

வரிச் சுருளின் $2\pi rn$ சுற்றுகளோடும் தொடர்புகொண்ட மொத்தப் பாயம் $= 4\pi\mu ni \times 2\pi rn$

$$N = 8\pi^2 \mu n^2 r Ai \quad \ldots \quad \ldots \quad (1)$$

நங்கூர வளையத்தின் தன்மின் நிலைம எண், L ஆக இருந்தால்,

$$N = Li \quad \ldots \quad \ldots \quad (2)$$

சமன்பாடுகள் (1), (2) களிலிலிருந்து,

$$Li = 8\pi^2 \mu n^2 r A i$$

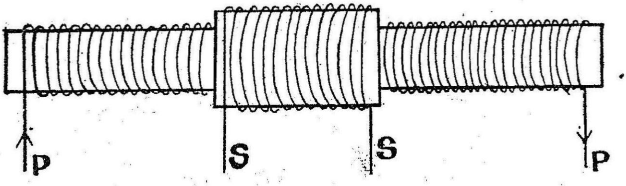
$$L = 8\pi^2 \mu n^2 r A$$ மி.கா.அ.

$$= 8\pi^2 \mu n^2 r A \times 10^{-9}$$ ஹென்ட்ரிகள்.

இரு பொதுமைய, வரிச் சுருள்களின் பரிமாற்று மின் நிலைம எண்ணைக் கணக்கிடல்

அதிக எண்ணிக்கைச் சுற்றுகளைக் கொண்ட ஒரு நீண்ட முதன்மைச் சுருளின் மத்திய பாகத்தில் குறைந்த எண்ணிக்கைச்

சுற்றுகளைக் கொண்ட ஒரு துணைச் சுருளைச் சுற்றினால், இவ் வமைப்பு, தகுந்த பரிமாற்று மின் நிலைமத்தைக் கொண்டதாக



படம்-301

அமைகிறது. இவ் வமைப்பே படித்தர வரிச்சுருள் மின் நிலைமம் (standard solenoidal inductor) என அழைக்கப்படுகிறது (படம் 301.)

ஒரு செ.மீ. நீளத்திற்கு n சுற்றுகளையும், குறுக்கு வெட்டுப் பரப்பு A ச.செ.மீ.-ஐயும் உடைய ஒரு முதன்மைச் சுருளை எடுத்துக்கொள்வோம். முதன்மைச் சுற்றின் மத்திய பாகத்தில் சுற்றப்பட்ட துணைச் சுருளின் சுற்றுகளின் மொத்த எண்ணிக்கை n_1 ஆகவும், முதன்மைச் சுருளின் உள்ளக உட்புகுதிறன் μ வாக வும் இருக்கட்டும். முதன்மைச் சுருளின் வழியாக i மி.கா.அ. மின்னோட்டம் பாயும்பொழுது, முதன்மைச் சுருளினால் உண்டா கும் காந்தப்புலம்,

$$H = 4\pi \mu ni.$$

முதன்மைச் சுருளின் மத்தியில், காந்தப் பாயச் செறிவு

$$= 4\pi\, niA\, \mu.$$

இந்தக் காந்தப் பாயச் செறிவே, துணைச் சுருளினுள் காந்தப் பாயச் செறிவாக அமைகிறது. எனவே, துணைச் சுருளின் சுற்று கள் எண்ணிக்கை n_1 களோடு தொடர்புகொண்ட விளைவு காந்தப் பாயம்,

$$N = 4\pi\, niA\, \mu \times n_1 \quad \ldots \quad \ldots \quad (1)$$

இரு வரிச் சுருள்களுக்கு மிடையேயுள்ள, பரிமாற்று மின் நிலைம எண் M ஆனால்,

$$N = Mi \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (2)$$

N-ன் இரு மதிப்புகளையும், சமப்படுத்தினால்,

$$Mi = 4\pi ni\, \mu A \times n_1$$

அல்லது $M = 4\pi \mu n n_1 A$ மி.கா.அ.

$= 4\pi \mu n n_1 A \times 10^{-9}$ ஹென்ட்ரிகள்.

முதன்மைச் சுருள் காற்று உள்ளகத்தைக் கொண்டிருந்தால்,

$$\mu = 1$$

$$\therefore M = 4\pi A n n_1 \times 10^{-9} \text{ ஹென்ட்ரிகள்.}$$

இணைப்புக் குறி எண்

(Coefficient of coupling)

ஒவ்வொன்றும் l செ.மீ. நீளமும், A ச.செ.மீ. குறுக்கு வெட்டுப் பரப்பும் கொண்ட P, S என்ற இரு வரிச்சுருள்களைக் காந்த முறையில் இணைப்பதாகக் கொள்வோம். P வரிச் சுருளின் சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை n_1 ஆகவும், தன் மின் தூண்டல் எண் L_1 ஆகவும் இருக்கட்டும். S வரிச் சுருளின் சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை n_2 வாகவும், அதன் தன்மின் தூண்டல் எண் L_2 வாகவும் இருக்கட்டும்.

இரு வரிச் சுருள்களின் உள்ளகம் காற்றாக இருந்தால்,

$$L_1 = 4\pi n_1^2 A l$$

$$L_2 = 4\pi n_2^2 A l.$$

வரிச் சுருள் P யின் வழியாக i மின்னோட்டத்தைப் பாய்ச்சும் பொழுது, Pயின் ஒவ்வொரு சுற்றிலும் வெளிப்படும் காந்தப் பாயம்,

$$N_1 = 4\pi n_1 i_1 \times A$$

S-உடன் தொடர்புகொண்ட இப் பாய பின்னம், K_1 ஆக இருக்கட்டும். சுருள்களின் கொடுக்கப்பட்ட நிலையில், அவைகளுக்கிடையேயுள்ள, பரிமாற்று மின் நிலைம எண்,

$$M = \frac{K_1 N_1 n_2 l}{i_1}$$

$$= K_1 4\pi n_1 n_2 l A \qquad \ldots \qquad (1)$$

சுருள் S-ன் வழியாக மின்னோட்டம் i_2 பாயும் பொழுது. அதன் புலம், $= 4\pi n_2 i_2$. S-ன் ஒவ்வொரு சுற்றிலும் வெளிப்படும் பாயம் $= N_2$

$$= 4\pi n_2 i_2 \times A$$

P யோடு தொடர்புகொண்ட, இப் பாய மின்னம் K_2 வாக இருக் கட்டும். பிறகு இரு சுருள்களுக்கு மிடையே பரிமாற்று மின் நிலைம எண்,

$$M = \frac{K_2 N_2 \times n_1 l}{i_2}$$

$$= K_2 \, 4\pi \, n_1 n_2 \, Al \quad \ldots \quad (2)$$

சமன்பாடுகள் (1), (2) இவைகளைப் பெருக்கினால்,

$$M^2 = K_1 K_2 \times 4\pi n_1^2 \, Al \times 4\pi n_2^2 \, Al$$

$$= K_1 \, K_2 \, L_1 L_2$$

$$\therefore \quad K_1 K_2 = \frac{M^2}{L_1 L_2}$$

$\sqrt{K_1 K_2} = K$ வாக இருந்தால்,

பிறகு $K = \dfrac{M}{\sqrt{L_1 L_2}}$.

மாறிலி K, இரு வரிச் சுருள்களுக்கு மிடையே யுள்ள இணைப் புக் குறி எண் (coefficient of coupling) என அழைக்கப்படுகிறது. அதன் மதிப்பு 1க்கும் சுழிக்குமிடையே அமைந்துள்ளது.

$K = 1$, ஆனால், ஒரு சுருளில் வெளிப்படும் எல்லாப் பாய மும், மற்றொரு சுருளோடும் தொடர்பு கொண்டுள்ளன. இப் பொழுது, இரு சுருள்களும் இறுக இணைக்கப்பட்டுள்ளதாகச் சொல்லப்படுகின்றது.

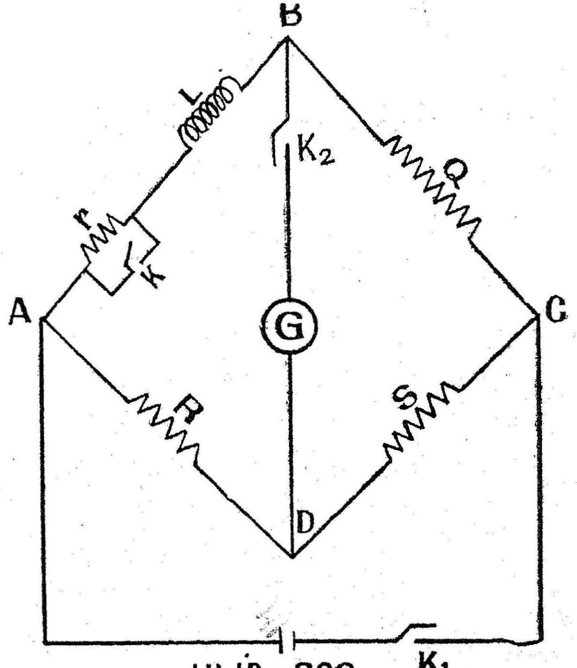
$K = 0$ ஆனால், ஒரு சுருளினால் வெளிப்படும் பாயம், மற்றச் சுருளோடு சிறிதுகூடத் தொடர்பு கொள்வதில்லை.

தன்மின் தூண்டல் எண்ணை அளத்தல்
(Measurement of the coefficient of self Induction)

ராலே முறை (Rayleigh's method):

வீட்ஸ்ட்டோன் சுற்றமைப்பைப் பயன்படுத்தி, ஒரு சுருளின் தன்மின் தூண்டல் எண்ணை ராலே அளந்தார். தன்மின் தூண்டல் எண் 'L' கொண்ட ஒரு சுருளும், குறை மின் தடை (low resistance) r-ம் தொடர் இணைப்பில், AB புயத்தில் சேர்க்கப், பட்டுள்ளன (படம் 302). முனைச் சாவி K வைப் பயன்படுத்தி

குறைமின்தடை r-ஐ மின் சுற்றில் சேர்க்கவோ, அல்லது வெட்டிவிடவோ செய்யலாம். மற்றப் புயங்கள் BC, AD, DC மூன்றும் முறையே தூண்டலில்லா மின் தடைகள் Q,R,S இவை



படம் - 302

களைக் கொண்டுள்ளன. சந்திகள் B, D களுக்கிடையே ஓர் அலைவு காட்டும் கால்வனு மீட்டர் G, சாவி K_2 இவைகள் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. சுற்றமைப்பின் சந்திகள் A, C களுக்கிடையே ஒரு மின்கல அடுக்கு E, சாவி K_1 ஆகியவைகள் இணைக்கப்பட்டுள்ளன.

முதலில் சாவி Kயை மூடி, குறை மின்தடை r-ஐ மின் சுற்றிலிருந்துவெட்டி விடவேண்டும். அடுத்து முதலில் சாவி K_1-ஐ மூடி, பின்னர்ச் சாவி K_2-வை மூடினுல் கால்வனு மீட்டரில் விலக்கமில்லாதவாறு, தூண்டலில்லா மின் தடைகள் Q,R,S இவைகளின் மதிப்புகளைச் சரி செய்தல்வேண்டும். இப்பொழுது சுற்றமைப்பு, நிலை மின்னேட்டங்களுக்கு சரியீடு செய்யப்பட்டுள்ளது.

பிறகு, கால்வனு மீட்டர் சாவி K_2-ஐ முதலில் மூடி, பின்னர் மின்கல அடுக்குச் சாவி K_1-ஐ மூடவேண்டும். கால்

வனு மீட்டரில் வீச்சு ஏற்படுகிறது. காரணம், AB புயத்தில் மின்னேட்டம் சுழியிலிருந்து, நிலைமதிப்பு i_o-க்கு வளர்ச்சி யடையும் பொழுது, சுருளில் தூண்டு மின்னியக்கு விசை ஏற்படுகிறது. மின்னேட்ட வளர்ச்சியின்பொழுது, சுருளில் தூண்டு மின்னியக்கு விசை $= L \frac{di}{dt}$. புயம் AB யில் இத் தூண்டு மின்னியக்கு விசை, கால்வனு மீட்டரில் ஒரு விகிதாசார மின்னேட்டத்தை ஏற்படுத்துகின்றது. இவ் விகிதாசார மின்னேட்டத்தின் கண மதிப்பு கால்வனு மீட்டரில் $KL \frac{di}{dt}$ ஆகும். K என்பது விகித மாறிலி. புயம் AB யில் மின்னேட்டம், நிலை மதிப்பு i_o-க்கு வளர்ச்சி யடையும்பொழுது, கால்வனு மீட்டர் வழியாகப் பாயும் மொத்தத் தூண்டு மின்னூட்டம்,

$$Q = \int_0^{i_o} KL \frac{di}{dt} \cdot dt$$

$$= KL\, i_o \quad \ldots \quad \ldots \quad (1)$$

கால்வனு மீட்டரில் முதல் வீச்சு 'θ' வாகவும், லாகிரதமிக் குறைவெண் (logarithmic decrement) λ வாகவும், இருந்தால்,

$$Q = \frac{T}{2\pi} \frac{C}{AH} \theta \left(1 + \frac{\lambda}{2}\right) \quad \ldots \quad (2)$$

Q-வின் இரு மதிப்புகளையும் சமன்படுத்தினுல்,

$$KL\, i_o = \frac{T}{2\pi} \frac{C}{AH} \theta \left(1 + \frac{\lambda}{2}\right) \quad \ldots \quad (3)$$

பிறகு சாவி K-யைத் திறந்து, குறை மின்தடை r-யைச் சுற்றில் சேர்க்கவும். சாவிகள் K_1, K_2 களை ஒன்றன்பின் ஒன்ருகத் தொடர்ச்சியாக மூடினுல், கால்வனே மீட்டரில் நிலை விலக்கம் (steady deflection) ஏற்படுகிறது. r-ஐ AB புயத்தில் இணைக்கும் பொழுது, அதிக மின்னழுத்த வேறுபாடான ior-ஐ அது அப் புயத்தில் ஏற்படுத்துகின்றது. இவ் விதிக மின்னழுத்த வேறுபாடு, கால்வனு மீட்டர் வழியாக ஒரு விகிதாசார நிலை மின்னேட்டம் $Kior$-ஐப் பாய்ச்சுகிறது. இது கால்வனே மீட்டரில் நிலை விலக்கம் α-ஐ உண்டாக்கினுல், பிறகு

$$Kior = \frac{C}{AH} \cdot \alpha \quad \ldots \quad \ldots \quad (4)$$

சமன்பாடு (3)யைச் சமன்பாடு (4)ஆல் வகுக்கின்,

$$\frac{L}{r} = \frac{T}{2\pi} \frac{\theta}{\alpha} \cdot \left(1 + \frac{\lambda}{2}\right)$$

$$\therefore \quad L = \frac{rT}{2\pi} \cdot \frac{\theta}{\alpha}\left(1 + \frac{\lambda}{2}\right) \quad \ldots \quad \ldots \quad (5)$$

மின் தடை r-ஐ ஓம்களில் அளக்கும்பொழுது, தன்மின் நிலைம எண் L ஹென்ட்ரிகளில் இருக்கும். இச் சோதனையில் உபயோகிக்கும் குறை மின்தடை r-ன் மதிப்பு $\frac{1}{100}$ ஓம் வரிசையிலிருக்க வேண்டும்.

பரிமாற்று மின் தூண்டல் எண்ணைக் காணல்

முதன்மைச் சுருள் P-ஐ, ஒரு மின்கல அடுக்கு, தடை மாற்றி, சாவி K_1, மின்தடை மதிப்பு $\frac{1}{100}$ ஓம்கள் வரிசையிலுள்ள குறை மின்தடை இவைகளுடன் தொடர் இணைப்பால் சேர்க்கவும் (படம் 304). துணைச் சுருள் S-ஐ, ஓர் அலைவு காட்டும் கால்வனு மீட்டர் G, சாவி K_2, திசைமாற்றி முனைகள் 3, 4 வழியாகத் தொடர் இணைப்பால் சேர்க்கவும். குறை மின் தடை r-ன் முனைகளை, திசைமாற்றியின் 1, 2 முனைகளோடு படத்தில் காட்டியபடி சேர்க்கவும்.

திசைமாற்றி முனைகள் 3, 4-ஐச் சேர்க்கவும். சாவி K_2-ஐ மூடி, பின்னர்ச் சாவி K_1-ஐ மூடி, தடைமாற்றியைச் சரிசெய்து, தகுந்த நிலை மின்னோட்டம் i யை முதன்மைச் சுற்றின்வழியாகப் பாய்ச்சவும். பின்னர்ச் சாவி K_1-ஐத் திறந்து, முதன்மைச் சுற்றில் மின்னோட்டத்தை முறிக்கவும். உடனடியாகச் சாவி K_2-வையும் திறந்து, கால்வனு மீட்டரில் முதல் வீச்சு, θ வைக் காண்க. அலைவு நேரம் Tயையும், லாகிரதமிக் குறைவெண் λ வையும் காணவும்.

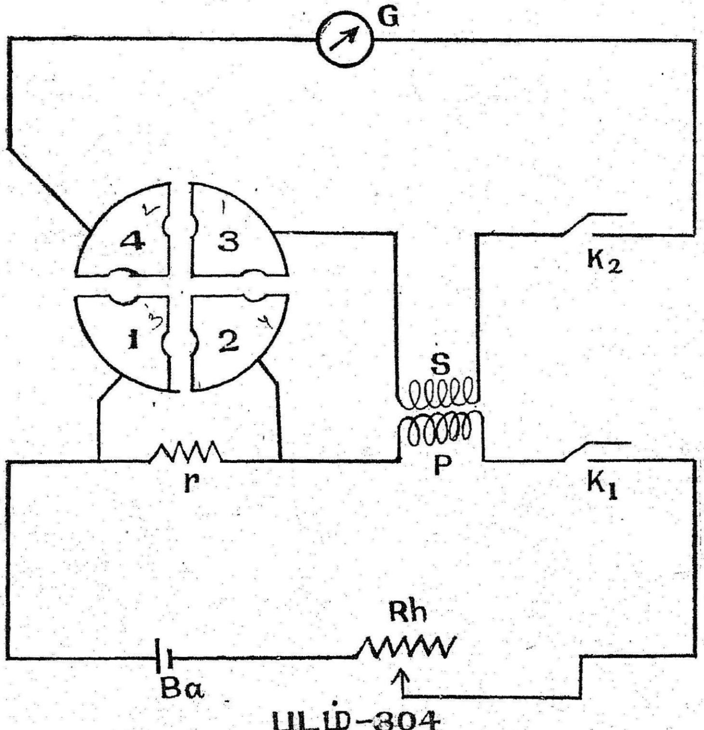
இரு சுருள்களுக்கு மிடையேயுள்ள பரிமாற்ற மின் தூண்டல் எண் M ஆக இருந்தால், முதன்மைச் சுற்றின் மின்னோட்டம் 'i'யை முறிக்கும்பொழுது, துணைச் சுருள் S ஓடு தொடர்பு கொண்ட காந்தப் பாயம் Mi நீக்கப்படுகிறது. காந்தப் பாயத்தைத் துணைச் சுருள் S-லிருந்து நீக்கும்பொழுது அதில் ஏற்படும் மின்னூட்டம்,

$$Q = \frac{Mi}{R}$$

R என்பது துணைச் சுற்றின் மொத்த மின்தடையாகும்.

$$\therefore \; Q = \frac{Mi}{R} = \frac{T}{2\pi}\,\frac{C}{AH}.\theta\left(1+\frac{\lambda}{2}\right) \quad \ldots \; (1)$$

$\left(\frac{C}{AH}\right)$ என்பதைச் சமன்பாடு (1) லிருந்து, நீக்க, திசை மாற்றி முனைகள் 3,4 தொடர்பை வெட்டி, 1,4; 2,3 முனைகளுக்கிடையே தொடர்பை ஏற்படுத்தவும். சாவிகள் K_1, K_2 களை மூடிக் குறைமின் தடை r-ன் குறுக்கே, நிலைமின்னழுத்த வேறுபாடு



படம்-304

ir-ஐ உண்டாக்கவும். இந் நிலை மின்னழுத்த வேறுபாடு கால்வனு மீட்டரில் செலுத்தப்பட்டு, ஒரு நிலை விலக்கத்தைக் கால்வனு மீட்டரில் உண்டாக்குகிறது. அந் நிலை விலக்கத்தை α எனக் குறித்துக் கொள்ளலாம். கால்வனு மீட்டரின் வழியாகப் பாயும்,

நிலை மின்னோட்டம் $= \frac{i.r}{R}$

$$\therefore \frac{ir}{R} = \frac{C}{AH}\alpha \qquad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (2)$$

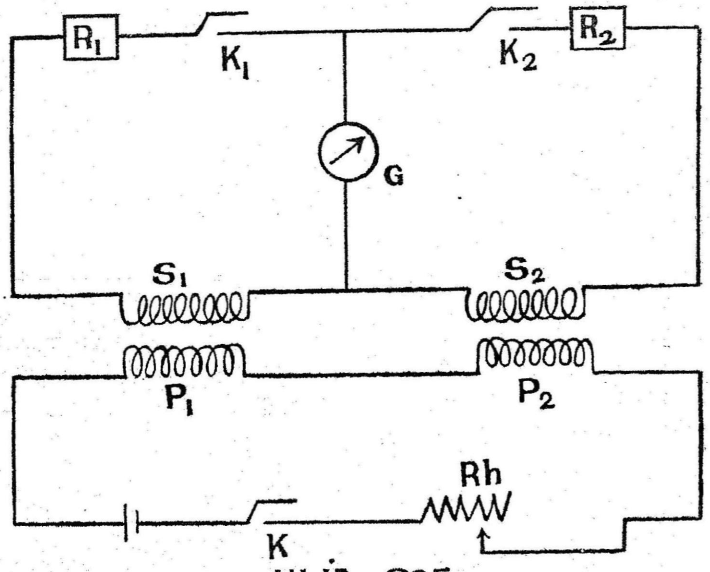
சமன்பாடு (1)-ஐ, சமன்பாடு (2) ஆல் வகுத்தால்,

$$\frac{M}{r} = \frac{T}{2\pi}\frac{\theta}{\alpha}\left(1+\frac{\lambda}{2}\right)$$

$$\therefore M = \frac{rT}{2\pi}\cdot\frac{\theta}{\alpha}\left(1+\frac{\lambda}{2}\right)$$

பரிமாற்று மின் நிலைம எண்களை ஒப்பிடுதல்
(Comparison of Mutual Inductances)

இரு இரட்டைச் சுருள்களின் பரிமாற்று மின் நிலைம எண்களைக் கீழ்க்காணும் முறையில் ஒப்பிடலாம். இரு இரட்டைச் சுருள்களின், முதன்மைச் சுருள்கள் P_1, P_2 களைத் தொடர் இணைப்பில், ஒரு மின்கல அடுக்கு, சாவி, தடைமாற்றி, இவைகளோடு



படம்-305

இணைக்கவும் (படம் 305). இதே இரு இரட்டைச் சுருள்களின் துணைச் சுருள்கள், S_1, S_2 களைத் தொடர் இணைப்பில், இரு மின் தடைப் பெட்டிகள் R_1, R_2, சாவிகள் K_1, K_2 வழியாக இணைக்

கவும், ஓர் அலைவு காட்டும் கால்வனு மீட்டர் G-யின் ஒரு முனையை, R_1, R_2 சந்தியோடும், மற்றொரு முனையை S_1, S_2 சந்தியோடும் சேர்க்கவும்.

சோதனையைத் தொடங்கும்பொழுது, முதலில் சாவி K_2 வைத் திறக்க. சாவி K-யை மூடிய பிறகு, சாவி K_1-ஐ மூடவும். துணைச் சுருள் S_1-ல், உண்டாகும் தூண்டு மின்னூட்டம், கால்வனு மீட்டர் G வழியாகப் பாய்வதால், நிகழும் வீச்சின் திசையைக் கவனிக்கவும். சாவி K_1-ஐத் திறக்கவும். சாவி K-ஐ மூடிய பின்னர், சாவி K_2-வை மூடவும். கால்வனு மீட்டரில் நிகழும் வீச்சின் திசையை மீண்டும் கவனி. இரு முறையும் கால்வனு மீட்டரில் நிகழும் விலக்கம், எதிர்த்திசையிலிருக்குமாறு, மின் இணைப்புகளைச் சரிசெய்ய வேண்டும். பின்னர்ச் சாவிகள் K_1,K_2 களை மூடி, அதற்குப்பின் சாவி K-யை மூடும்போது கால்வனு மீட்டரில் விலக்கம் இல்லாதவாறு, மின்தடைப் பெட்டிகள், R_1,R_2 களின் மின்தடைகளைச் சரிசெய்யவும். கால்வனு மீட்டரில் விலக்கம் இல்லாதபொழுது, R_1, R_2 மின்தடைப் பெட்டிகளின், மின்தடைகளை முறையே r_1, r_2 எனக் குறித்துக் கொள்ளவும்.

பரிமாற்று மின் நிலைம எண்கள், M_1, M_2களை முறையே கொண்ட இரு இரட்டைச் சுருள்களின், முதன்மைச் சுருள்கள் P_1, P_2 களின் வழியே பாயும் நிலை மின்னோட்டம் i ஆனால், அவைகளின் துணைச் சுருள்கள், S_1, S_2 களின் வழியே தூண்டப்பட்ட மின்னூட்டம் முறையே,

$$Q_1 = \frac{M_1\, i}{r_1 + S_1 + G},\quad Q_2 = \frac{M_2 i}{r_2 + S_2 + G}$$

S_1, S_2 துணைச் சுருள்களின் மின்தடைகளாகும். G என்பது கால்வனு மீட்டரின் மின்தடை. கால்வனு மீட்டரில் விலக்கம் இல்லாதபொழுது, இரு தூண்டு மின்னூட்டங்கள் Q_1, Q_2 சமமானவை; நேர் எதிரானவையும்கூட. எனவே,

$$\frac{M_1 i}{(r_1 + S_1 + G)} = \frac{M_2 i}{(r_2 + S_2 + G)}$$

அல்லது $$\frac{M_1}{M_2} = \frac{r_1 + S_1 + G}{r_2 + S_2 + G} \quad \ldots \quad \ldots \quad (1)$$

மின்தடைப் பெட்டிகள், R_1,R_2 களின் மின்தடை மதிப்புகளை r_1', r_2' களுக்கு மாற்றிக் கால்வனு மீட்டரில் விலக்கம் இல்லாதவாறு, சோதனையை மீண்டும் திருப்பிச் செய்யவும். இப்பொழுது,

$$\frac{M_1}{M_2} = \frac{r_1' + S_1 + G}{r_2' + S_2 + G} \quad \ldots \quad \ldots \quad (2)$$

சமன்பாடுகள் (1), (2) களிலிருந்து,

$$\frac{M_1}{M_2} = \frac{r_1' - r_1}{r_2' - r_1} \quad \ldots \quad \ldots \quad (3)$$

r_1, r_1', r_2, r_2' களின் மதிப்புகளைப் பயன்படுத்தி $\frac{M_1}{M_2}$ வின் மதிப்பைக் காண்.

அலைவு காட்டும் கால்வனு மீட்டரைப் படித்தரம் செய்தல்

(Standardisation of Ballistic Galvanometer)

படித்தர வரிச்சுருள் அல்லது வரித் தூண்டு மின் சுருள் (Standard Solenoid or Solenoid Inductor) :

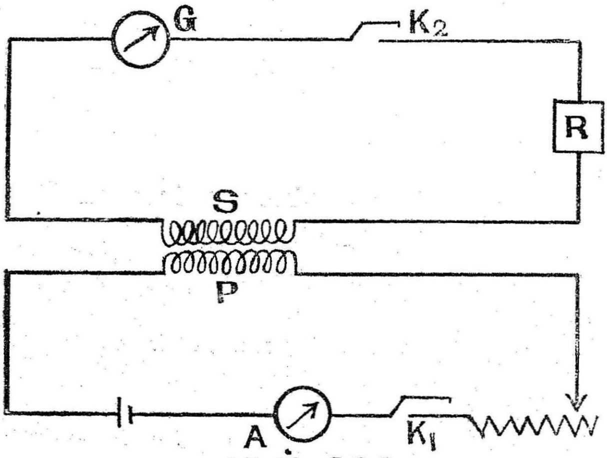
அசைவுச் சுருள் வகையைச் சேர்ந்த, அலைவு காட்டும், கால்வனு மீட்டருக்கு,

$$Q = K\theta \left(1 + \frac{\lambda}{2}\right)$$

இங்கு K என்பது கால்வனு மீட்டரின் அளவு உணர்வு நுட்பமாகும், (quantity sensitiveness). படித்தர வரிச் சுருளைப் பயன்படுத்தி, மாறிலி K-யின் மதிப்பைக் காணலாம்.

படித்தர வரிச் சுருளின் முதன்மைச் சுருளை, ஒரு மின்கல அடுக்கு, அம்மீட்டர், சாவி K, ஒரு தடைமாற்றி இவைகளோடு, தொடர் இணைப்பில் சேர்க்கவும் (படம் 306). துணைச் சுருளை, ஒரு கால்வனு மீட்டர், சாவி K_2, மின்தடைப் பெட்டி R இவைகளோடு தொடர் இணைப்பில் சேர்க்கவும். சாவிகள், K_1, K_2 களை மூடிய பின்னர், முதன்மைச் சுருளின் மின்னோட்ட மதிப்பை, தகுந்த அளவிற்குச் சரி செய்யவும். மின் தடைப் பெட்டியில், சுழிமின் தடையைப் புகுத்தி, கால்வனு மீட்டர் ஓய்வான நிலையிலிருக்கும்பொழுது, சாவி K_1-ஐத் திறந்து, பின்னர் உடனடியாகச் சாவி K_2-வைத் திறக்க வேண்டும். கால்வனு மீட்டரின் வீச்சு θ வையும், லாகிரதமிக் குறைவெண்ணை λ வையும் காண்க.

முதன்மைச் சுருளின் மின்னோட்ட மதிப்பை மாற்றாமல், ஆனால் மின்தடைப் பெட்டியில் மின்தடை R-ஐப் புகுத்தி, சோதனையைத் திரும்பச் செய்யவும். இப்பொழுது கால்வனா மீட்டரின் வீச்சை θ_1 எனக் குறிக்கவும். முதன்மை, துணைச்



படம்-306

சுருள்களுக்கிடையேயுள்ள, பரிமாற்று மின் நிலைம எண் M (ஹென்ட்ரிகளில்) ஆகவும், மின்னோட்டம், i ஆம்பியராகவும், கால்வனா மீட்டர், துணைச் சுருள்களின் கூட்டு மின்தடை G ஆகவும் இருந்தால்,

$$\frac{Mi}{G} = K\theta\left(1+\frac{\lambda}{2}\right)$$

$$\frac{Mi}{C+R.} = K\theta_1\left(1+\frac{\lambda}{2}\right)$$

$$\frac{G+R}{G} = \frac{\theta}{\theta_1}$$

அல்லது $G = \dfrac{R\theta_1}{\theta-\theta_1}$

$$\therefore\ K = \frac{Mi\,(\theta-\theta_1)}{R\theta\cdot\theta_1\,(1+\lambda/2)}$$

M-ன் மதிப்பு $= 4\pi n n_1 A \times 10^{-9}$ ஹென்ட்ரிகள்.

இங்கு n என்பது, முதன்மைச் சுருளில் 1 செ.மீ. நீளத்திலுள்ள சுற்றுக்களின் எண்ணிக்கை. n_1 என்பது துணைச் சுருளின்

மொத்தச் சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை. A என்பது முதன்மைச் சுருளின் குறுக்கு வெட்டுப் பரப்பாகும்.

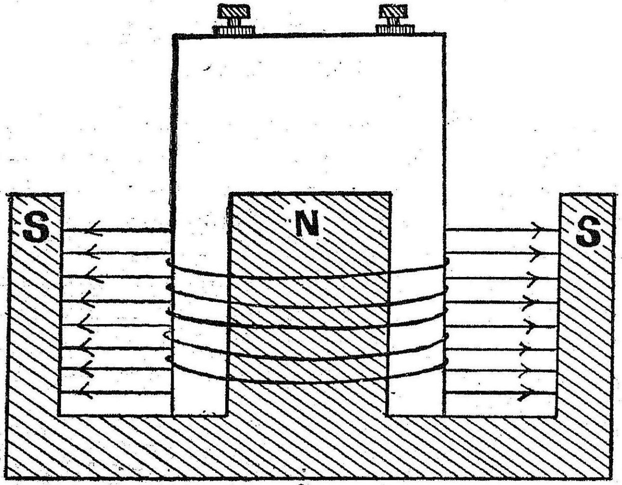
அலைவு காட்டும் கால்வனு மீட்டரை உபயோகிக்கும்பொழுது கால்வனு மீட்டர் சுற்றை, அதன் வழியாக மின்னூட்டம் பாய்ந்த வுடனே திறந்துவிடவேண்டும். அவ்வாறில்லையெனில், கால்வனு மீட்டர் இயக்கம் முழுமையும் தடையுறுகிறது. கால்வனு மீட்டர் சுற்றைச் சில சோதனைகளின்பொழுது, திறக்க முடியாததால், கால்வனு மீட்டர் சுற்றில் ஒரு மின் தடையைப் புகுத்தி, கால்வனு மீட்டரை அலைவுறுமாறு செய்யவேண்டும். அப்பொழுது, லாகிர தமிக் குறைவெண், சுற்றின் மின் தடையைச் சார்ந்துள்ளது. தடையுறுதலுக்குக் கீழ்க்காணும் திருத்தம் உபயோகிக்கவேண்டும். θ என்பது முதல் வீச்சாகவும், a_1, a_3 என்பவை ஒரே பக்கத்தில் அலைவின் அடுத்தடுத்த வீச்சுகளாகவும் இருந்தால்,

$$\text{திருத்தம் பெற்ற வீச்சு} = \theta \left(\frac{a_1}{a_3}\right)^{\frac{1}{4}}$$

ஹிப்பெர்ட் காந்தப் படித்தரம்
(Hibbert's Magnetic Standard)

ஒரு கடினை உருக்கினலான, நீள் உருளைக் கட்டியினுள்ளே, ஒரு குறுகிய நீள் உருளைத் துளை வெட்டப்பட்டுள்ளது. இதுவே ஹிப்பெர்ட் காந்தப் படித்தரம் எனப்படுவது (படம் 307). அத் துளையின் குறுக்கே ஆரக்கால் காந்தப் பாயம், (radial magnetic flux) பாயு முறையில், அக் கட்டி காந்தமாக்கப்பட்டிருக்கிறது. உள்ளீடற்ற வெண்கல நீர் உருளையின்மேல் காப்பிடப்பட்ட கம்பி யைச் சுற்றிச் சில எண்ணிக்கைச் சுற்றுகளைக் கொண்ட ஒரு சுருளை உண்டாக்கவேண்டும். இந்த உள்ளீடற்ற நீள் உருளை யைத் துளையினுள் செங்குத்தாக விழச் செய்தால், சுருள், துளையி னுள் உள்ள காந்தப் பாயத்தைக் குறுக்காக வெட்டுகின்றது. சுருளினல் வெட்டப்படும் காந்தக் கோடுகளின் எண்ணிக்கையை முன்கூட்டியே, ஒரு படித்தர வரித் தூண்டுச் சுருளைப் பயன்படுத் திக் காணவேண்டும். ஹிப்பெர்ட் காந்தப் படித்தரத்தைப் பயன் படுத்தி, ஓர் அலைவுகாட்டும் கால்வனு மீட்டரின் அலைவு சுருக்க எண்ணைக் (ballistic reduction factor) கண்டு பிடிக்கலாம். அதற்கு, விழும் நீள் உருளையின் மேலுள்ள, சுருளின் முனைகளை, ஓர் அலைவு காட்டும் கால்வனு மீட்டரோடு சேர்க்கவேண்டும். நீள் உருளையைத் துளையினுள் செங்குத்தாக விழச் செய்யும் பொழுது, சுருள், துளையின்வழியாகச் செல்லும் காந்தக் கோடு

களைக் குறுக்காக வெட்டுகின்றது. அதனால் சுருளில் தூண்டு மின்னூட்டம் ஏற்பட்டு, கால்வனு மீட்டரில் வீச்சு காணப்படு



படம்-307

கிறது. முதல் வீச்சு θ-வையும், லாகிரதமிக் குறைவெண் λ-வையும் காண்.

கால்வனு மீட்டர் வழியாகப் பாயும், மின்னூட்டம்,

$$Q = K\theta \left(1 + \frac{\lambda}{2}\right) \quad \cdots \quad \cdots \quad (1)$$

K என்பது, அலைவுக் கால்வனு மீட்டரின் அலைவுச் சுருக்க எண்.

சுருளின் ஒவ்வொரு சுற்றோடும் தொடர்புகொண்ட காந்தப் பாயம் N ஆகவும், சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை n ஆகவும், கால்வனு மீட்டரின் மின்தடை G ஓம்களாகவும் இருந்தால்,

தூண்டு மின்னூட்டம், $Q = \frac{Nn}{G} \times 10^{-8}$ கூலம்கள் ... (2)

மின்னூட்டத்தின் இரு மதிப்புகளையும் சமன்படுத்தினால்,

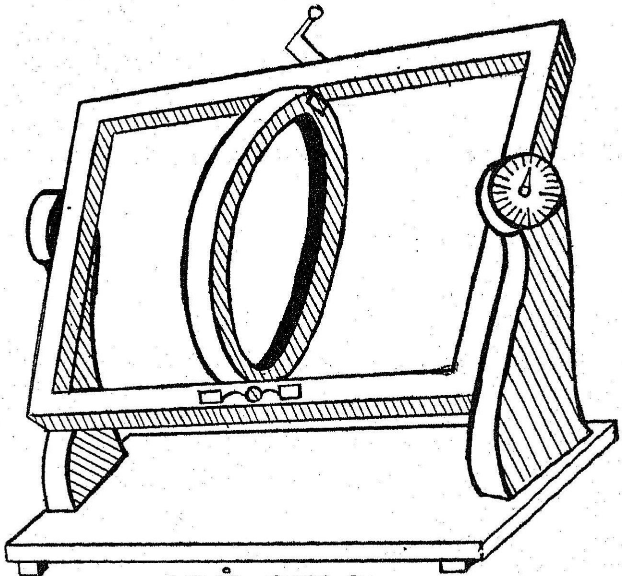
$$K\theta\left(1 + \frac{\lambda}{2}\right) = \frac{Nn}{G} \times 10^{-8}$$

$$\therefore \quad K = \frac{Nn \times 10^{-8}}{G\theta\left(1 + \frac{\lambda}{2}\right)}$$

சமன்பாட்டின் வலப் பக்கத்திலுள்ள, ஒவ்வோர் எண்ணின் மதிப்பும், தெரியுமாதலால் K-யின் மதிப்பைக் கணக்கிடலாம்.

புவித் தூண்டு மின்சுருள்
(Earth Inductor)

ஒரு வட்டக் கம்பிச் சுருளை (circular coil of wire), ஒரு சீரான காந்தப் புலத்தில் π ரேடியன்கள் கோணம், சுழலச் செய்யும்பொழுது, அதில் தூண்டப்படும் மின்னூட்டத்தைப் புவித் தூண்டு மின் சுருளில் உபயோகித்து, புவிக் காந்தப் புலத்தின் செங்குத்துக் கூறு (vertical component), கிடைக் கூறு (horizontal components) களின் விகிதத்தைக் கண்டுபிடிக்கலாம். புவித் தூண்டுச் சுருள் என்பது, காப்பிட்ட தாமிரக் கம்பிச் சுற்றுகள் எண்ணிக்கை ஏறத்தாழ 500 கொண்ட, ஒரு வட்டச் சுருளாகும். (படம் 307அ). அச் சுருளின் மின் தடை ஏறத்



படம்-307அ

தாழ 40 ஓம்கள் ஆகும். அதன் செயலுறு பரப்பு (effective area) ஏறத்தாழ 800 ச.செ.மீ. களாகும். அதன் தளத்திலுள்ள ஓர் அச்சுவழியாகச் சுருள் சுழலு முறையில் அது பொருத்தப்பட்டுள்ளது. சுருளின் முனைகள், பிளவுபட்ட தாமிரத் திசை மாற்றியின் இரு வெட்டுப் பகுதிகளுடன் (segments) இணைக்கப்பட்டுள்

என. இரு இணைப்புத் திருகுகளுடன் சேர்க்கப்பட்ட இரு தாமிரத் துண்டுகள், திசைமாற்றியின் இரு வெட்டுப் பகுதிகளை இலேசாக அழுத்திக்கொண்டிருக்கின்றன.

புவித் தூண்டு மின் சுருளைப் பயன்படுத்தி ஓர் இடத்தின் சரிவைக் காணல்

(To find the Dip at a place with the Earth Inductor)

காந்தத் துருவத் தளத்தோடு (magnetic meridian), அதன் தளம் ஒரு செங்கோணம் அமைக்குமாறு, புவித் தூண்டுச் சுருளைச் செங்குத்தாக வைக்கவேண்டும். சுற்றில் ஒரு தடை மாற்றியையும் கொண்டுள்ள, ஓர் அலைவு காட்டும் கால்வனு மீட்டருடன், புவித் தூண்டு மின் சுருளின் முனைத்திருகுகளை இணைக்கவேண்டும். சுருளை ஒரு செங்குத்து அச்சுவழியாக 180° சுழலச் செய்து, கால்வனு மீட்டரில் ஏற்படும் முதல் வீச்சை θ_1 எனக் குறித்துக் கொள்ளவேண்டும். தூண்டுச் சுருளோடு தொடர்புகொண்ட காந்தப் பாயம், புவிக் காந்தப் புலத்தின் கிடைக்கூறுல்மட்டும் விளைந்ததே யாகும். சுருளின் செயலுறு பரப்பு A வாகவும், சுற்றின் மொத்த மின்தடை R ஓம்களாகவும் இருந்தால், சுருளை 180° சுழலச் செய்வதால், அதில் தூண்டப்பட்ட மின்னளவு,

$$Q_1 = \frac{2HA}{R} \times 10^{-8} \text{ கூலம்கள் } \quad \dots \quad \dots \quad (1)$$

தூண்டு மின்னூட்டம், கால்வனு மீட்டரில் வீச்சு θ_1-ஐ ஏற்படுத்துவதனுல்,

$$Q_1 = K\theta_1 \left(1+\frac{\lambda}{2}\right) \quad \dots \quad \dots \quad (2)$$

இங்கு K என்பது, அலைவு காட்டும் கால்வனு மீட்டரின், அலைவுச் சுருக்க எண்ணையும், λ என்பது லாகிரதமிக் குறைவெண்ணையும் குறிக்கின்றன.

மின்னூட்டத்தின் இரு மதிப்புகளையும் சமன்படுத்தினுல்,

$$\frac{2HA}{R} \times 10^{-8} = K\theta_1 \left(1+\frac{\lambda}{2}\right) \quad \dots \quad (3)$$

பின்னர், புவித் தூண்டு மின் சுருளின் தளம் கிடையாக இருக்கும்படியும், அதன் அச்சு, காந்தத் துருவத் தளத்தில் அமையுமாறும், சுருளை வைக்கவேண்டும். சுருளின் தளத்தை 180°

சுழலச் செய்து, கால்வனு மீட்டரின் முதல் வீச்சை θ_2 எனக் குறித்துக் கொள்ளவேண்டும். இப்பொழுது, சுருளோடு தொடர்புகொண்ட காந்தப் பாயம், காந்தப் புலத்தின் செங்குத்துக் கூறினுல்மட்டும் ஏற்பட்டதாகும்.

சுருளில் தூண்டு மின்னூட்டம்,

$$Q_2 = \frac{2VA}{R} \times 10^{-8} \text{ கூலம்கள்} \quad \dots \quad \dots \quad (4)$$

மின்னூட்டம், கால்வனுமீட்டரில் வீச்சு θ_2-வை ஏற்படுத்துவதனுல்,

$$Q_2 = K\theta_2 \left(1 + \frac{\lambda}{2}\right) \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad (5)$$

இப்பொழுது, மின்னூட்டத்தின் இரு மதிப்புகளையும் சமன்படுத்தின்,

$$\frac{2VA}{R} \times 10^{-8} = K\theta_2 \left(1 + \frac{\lambda}{2}\right) \quad \dots \quad \dots \quad (6)$$

சமன்பாடு (6)-ஐ, சமன்பாடு (5) ஆல் வகுக்கின்,

$$\frac{V}{H} = \frac{\theta_2}{\theta_1}$$

ஓரிடத்தின் சரிவு δ ஆனுல்,

$$\tan \delta = \frac{V}{H}$$

$$= \frac{\theta_2}{\theta_1}$$

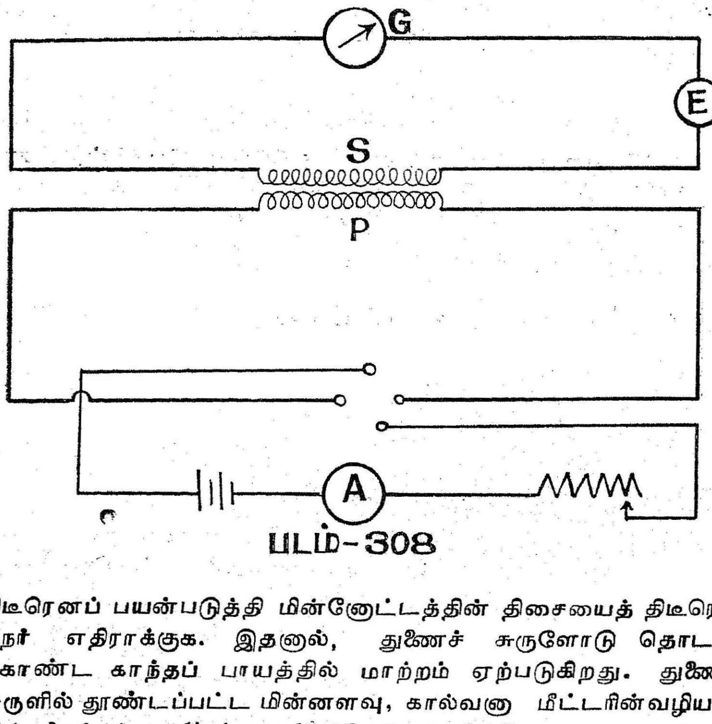
$$\therefore \delta = \tan^{-1} \left(\frac{\theta_2}{\theta_1}\right)$$

ஒரு புவித் தூண்டு மின் சுருள், ஒரு படித்தர வரித் தூண்டு மின் சுருள் இவைகளை உபயோகித்து, H, V இவைகளின் மதிப்பைக் காணல்

(Determination of H and V using an Earth Inductor and Solenoidal Inductor)

ஒரு புவித் தூண்டு மின் சுருள், ஒரு படித்தர வரித் தூண்டு மின் சுருள், ஓர் அலைவு காட்டும் கால்வனு மீட்டர் இவைகளை உபயோகித்து, புவிக்காந்தப் புலச் செங்குத்து, கிடைக் கூறுகளின் தனி மதிப்புகளைத் துல்லியமாகக் கண்டுபிடிக்கலாம்.

படித்தர வரிச் சுருளின் முதன்மைச் சுருளை, ஒரு மின் சேமக் கலம், தடைமாற்றி, அம்மீட்டர், திசைமாற்றி இவைகளுடன் தொடர் இணைப்பில் படம் 308-ல் காட்டியபடி சேர்க்கவும். துணைச் சுருளை, புவித் தூண்டு மின்சுருள், அலைவு காட்டும் கால்வனு மீட்டர் இவைகளோடு தொடர்இணைப்பில் சேர்க்கவும். வரித் தூண்டு மின் சுருளின் முதன்மைச் சுருள்வழியாகத் தகுந்த மின்னோட்டம் '*i*' யை ஏற்படுத்தவும். திசை மாற்றியைத்



படம்-308

திடீரெனப் பயன்படுத்தி மின்னோட்டத்தின் திசையைத் திடீரென நேர் எதிராக்குக. இதனால், துணைச் சுருளோடு தொடர்பு கொண்ட காந்தப் பாயத்தில் மாற்றம் ஏற்படுகிறது. துணைச் சுருளில் தூண்டப்பட்ட மின்னளவு, கால்வனு மீட்டரின்வழியாக மின்னிறக்கம் (discharged) செய்யப்படும்பொழுது, கால்வனு மீட்டரில் வீச்சு ஏற்படுகிறது. கால்வனு மீட்டரின் முதல் வீச்சு ϕ-யையும், லாகிரதமிக் குறைவெண் λ-வையும் காண். பின்னர், அலைவுகாட்டும் கால்வனு மீட்டர் வழியாகப் பாயும் மின்னூட்டம்,

$$Q = K\phi \left(1 + \frac{\lambda}{2}\right)$$

K என்பது கால்வனு மீட்டரின் அலைவுச் சுருக்க எண் (ballistic reduction factor).

முதன்மைச் சுருளில் மின்னோட்டம் 'i' மி.கா.அ. ஆக இருக்கும்பொழுது, துணைச் சுருளோடு தொடர்புகொண்ட காந்தப் பாயம்,

$$N_1 = 4\pi A_1 nn_1 i.$$

இங்கு, n என்பது முதன்மைச் சுருளின் ஒரு செ.மீ. நீளத்திலுள்ள சுற்றுகளின் எண்ணிக்கையையும், A_1 என்பது முதன்மைச் சுருளின் குறுக்கு வெட்டுப் பரப்பையும், n_1 என்பது துணைச் சுருளிலுள்ள சுற்றுகளின் மொத்த எண்ணிக்கையையும் குறிக்கின்றன.

முதன்மைச் சுருளில், மின்னோட்டத்தை நேர் எதிராக்கினல், அதன் மதிப்பு $-i$ ஆகும். முதன்மைச் சுருளின் வழியாகப் பாயும் மின்னோட்டத்தை நேர் எதிராக்கும்பொழுது, துணைச் சுருளோடு தொடர்புகொண்ட காந்தப் பாயம்,

$$N_2 = -4\pi A_1 i nn_1$$

துணைச் சுருளில் காந்தப்பாய மாற்றம்,

$$= N_1 - N_2$$
$$= 4\pi A_1 nn_1 i - (-4\pi A_1 nn_1 i)$$
$$= 8\pi A_1 nn_1 i$$

துணைச் சுருளில் தூண்டு மின்னளவு,

$$Q = \frac{\text{பாயமாற்றம்}}{\text{துணைச் சுற்றின் மொத்த மின்தடை}}$$

$$= \frac{N_1 - N_2}{R} \times 10^{-8} \text{ கூலம்கள்} \quad \ldots \quad (2)$$

R என்பது ஓம்களில், துணைச்சுற்றின் மொத்த மின்தடை.

$$\therefore \quad Q = \frac{8\pi A_1 \; inn_1}{R} \times 10^{-8} \text{ கூலம்கள்}$$

Q-வின் இரு மதிப்புகளையும் சமன்படுத்தினல்,

$$\frac{8\pi A_1 i nn_1}{R} \times 10^{-8} = k\phi \left(1 + \frac{\lambda}{2}\right) \quad \ldots \quad \ldots \quad (3)$$

முதன்மைச் சுற்றில் மின்னோட்டத்தை நிறுத்திவிட்டு, புவித் தூண்டு மின் சுருளின் தளத்தைச் செங்குத்தாகவும், காந்தத் துருவத் தளத்தோடு ஒரு செங்கோணம் அமைக்குமாறும் வைக்கவும். சுருளை $180°$ வழியாகச் சுழலச்செய்து, அலைவு காட்டும்

கால்வனா மீட்டரின் முதல் வீச்சு θ_1-ஐக் குறித்துக் கொள்க. புவித் தூண்டுச் சுருளை சுழலச் செய்வதால், துணைச் சுற்றில் தூண்டப்பட்ட மின்னூட்ட அளவு,

$$Q_1 = \frac{2HA}{R} \times 10^{-8} \text{ கூலம்கள்} \quad \ldots \quad \ldots \quad (4)$$

A என்பது, புவித்தூண்டுச் சுருளின் செயலுறு பரப்பாகும். ஆனால்,

$$Q_1 = K\theta_1 \left(1 + \frac{\lambda}{2}\right) \quad \ldots \quad \ldots \quad (5)$$

Q_1-ன் இரு மதிப்புகளையும் சமன் செய்தால்,

$$\frac{2HA}{R} \times 10^{-8} = K\theta_1 \left(1 + \frac{\lambda}{2}\right) \quad \ldots \quad (6)$$

பின்னர், புவித் தூண்டு மின் சுருளின் தளம் கிடையாகவும், காந்தத் துருவத் தளத்திற்குச் செங்குத்தாகவும் வைக்கவும். காந்தப் புலத்தின் செங்குத்துக் கூறு, விசைக் கோடுகளை வெட்டும் முறையில், சுருளை 180° வழியாகச் சுழலச் செய்யவும். இப்போது உண்டாகும் முதல் வீச்சை θ_2 எனக் குறித்துக் கொள்ளவும். புவித் தூண்டு மின்சுருளில் தூண்டப்பட்ட மின்னூட்டம் θ_2 ஆனால்,

$$Q_2 = \frac{2VA}{R} \times 10^{-8} \text{ கூலம்கள்} \quad \ldots \quad \ldots \quad (7)$$

ஆனால்,

$$Q_2 = K\theta_2 \left(1 + \frac{\lambda}{2}\right) \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (8)$$

Q_2-வின் இரு மதிப்புகளையும் சமன்படுத்தினால்,

$$\frac{2VA}{R} \times 10^{-8} = K\theta_2 \left(1 + \frac{\lambda}{2}\right) \quad \ldots \quad (9)$$

சமன்பாடு (6) ஐ, சமன்பாடு (8)ஆல் வகுக்கின்,

$$H = \frac{4\pi A_1 inn_1}{A} \cdot \frac{\theta_1}{\phi} \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (10)$$

சமன்பாடு (9) ஐ, சமன்பாடு (8) ஆல் வகுக்கின்,

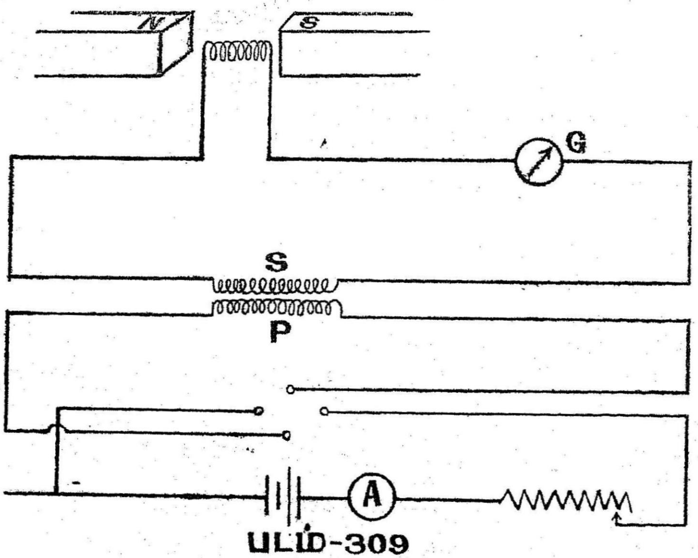
$$V = \frac{4\pi A_1 inn_1}{A} \cdot \frac{\theta_2}{\phi} \quad \ldots \quad \ldots \quad (11)$$

சோதனையின்பொழுது, மின்னோட்டம் i-யை ஆம்பியர்களில் அளப்பதால், i யின் மதிப்பை, மி.கா. அலகிற்கு மாற்றி, பிறகு அதைச் சமன்பாடு (10), சமன்பாடு (11) களில் பயன்படுத்த வேண்டும்.

வலிமை மிக்க காந்தப் புலங்களை அளத்தல்

(Measurement of strong magnetic fields)

ஒரு மின்காந்தத் துருவத் துண்டுகளுக்கிடையே அமைந்துள்ளதுபோன்ற, வலிமை மிக்க காந்தப் புலங்களின் வலிமையை அளக்கத் துருவு சுருள் (search coil) என்னும், ஒரு சிறிய சுருள், படித்தர வரித் தூண்டு மின்சுருளோடு பயன்படுத்தப்படுகிறது. துருவு சுருள் என்பது, ஒரு மெல்லிய காப்பிட்ட, ஏறத்தாழ 1 ச.செ.மீ. குறுக்கு வெட்டுப் பரப்பும், 50 சுற்றுகள் எண்ணிக்



படம்-309

கையும் கொண்ட ஒரு சிறிய சுருளாகும். துருவு சுருளானது, ஒரு வரித் தூண்டு மின் சுருளின் துணைச் சுருள் S, ஓர் அலைவு காட்டும் கால்வனு மீட்டர் G, இவைகளுடன் தொடர் இணைப்பில் சேர்க்கப்பட்டுள்ளது (படம் 309). ஒரு மின் சேமக் கலம், ஒரு தடை மாற்றி ஓர் Rh, அம்மீட்டர் A, ஒரு திசைமாற்றி, இவைகளுடன், தொடர் இணைப்பில் வரித்தூண்டுச் சுருளின் மூதன்

மைச் சுருள் சேர்க்கப்பட்டுள்ளது. எந்தக் காந்தப் புலத்தின் வலிமையை அளக்கவேண்டுமோ, அப் புலத்தில், துருவு சுருள் அதோடு தொடர்புகொண்ட காந்தப் பாயம் பெருமத்திலிருக்கு முறையில், வைக்கப்பட்டுள்ளது. பின்னர், அத் துருவு சுருள், காந்தப் புலத்திலிருந்து, வேகமாக நீக்கப்படுகிறது. இப்பொழுது, துருவு சுருளோடு தொடர்புகொண்ட காந்தப் பாயத்தில் மாற்றம் ஏற்படுவதால், அதில் தூண்டு மின்னூட்டம் உண்டாகிறது. அத் தூண்டு மின்னூட்டம், அலைவுகாட்டும் கால்வனு மீட்டர்வழியாகப் பாய்ந்து, அதில் வீச்சை உண்டாக்குகின்றது. அலைவு காட்டும் கால்வனு மீட்டரின் வீச்சை θ_1 எனவும், லாகிரத மிக் குறைவெண்ணை 'λ' வையும் காண்க.

$$Q_1 = K\theta_1\left(1+\frac{\lambda}{2}\right)$$

K என்பது, அலைவு காட்டும் கால்வனு மீட்டரின் அலைவுச் சுருக்க எண் ஆகும்.

மின் காந்தத்தின் இடைவெளியில் காந்தப் புலச் செறிவு H ஆகவும், துருவு சுருளின் சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை n ஆகவும், பக்கப் பரப்பு (face area) 'a' வாகவும் இருந்தால் துருவு சுருளைக் காந்தப்புலத்திலிருந்து நீக்கும்பொழுது, அதனோடு தொடர்புகொண்ட காந்தப் பாயமாற்றம்,

$$N = H\,a\,n \qquad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (1)$$

துருவு சுருள், வரித் தூண்டுச் சுருளின் துணைச் சுருள், அலைவு காட்டும் கால்வனுமீட்டர் இவைகளைக் கொண்ட மின் சுற்றின் மொத்த மின்தடை R ஓம்களானால், தூண்டு மின்னூட்டம்

$$Q_1 = \frac{Han}{R} \times 10^{-8} \text{ கூலம்கள்.}$$

மின்னூட்டம் Q_1-ன் இரு மதிப்புகளையும் சமன்படுத்தினால்,

$$\frac{H\,a\,n}{R} \times 10^{-8} = K\theta_1\left(1+\frac{\lambda}{2}\right) \quad \ldots \quad (2)$$

வரித் தூண்டுச் சுருளின் முதன்மைச் சுருளில், ஒரு தகுந்த மின்னோட்டம் 'i' உண்டாக்கப்படுகிறது. துணைச் சுற்றிலுள்ள கால்வனு மீட்டரில் சுழி விலக்கம் இருக்கும்பொழுது, முதன்மைச் சுருளின் மின்னோட்டம், ஒரு திசைமாற்றியைப் பயன்படுத்தி, நேர் எதிராக்கப்படுகின்றது. முதன்மைச் சுற்றின் மின்னோட்டத்தை நேர் எதிராக்குவதனால், துணைச் சுருளில் விளையும்

காந்தப் பாயமாற்றம், துணைச் சுருளில் தூண்டு மின்னூட்டத்தை விளைவிக்கின்றது. அம் மின்னூட்டம் அலைவு காட்டும் கால்வனு மீட்டரில் பாயும்பொழுது அதில் வீச்சு θ-வை உண்டாக்கு கின்றது. துணைச் சுருளில் தூண்டப்படும் மின்னூட்டம் Q ஆனல், பின்னர்.

$$Q = K_\theta \left(1 + \frac{\lambda}{2}\right)$$

$$\text{மேலும், } Q = \frac{8\pi\, n_1\, n_2\, Ai}{R} \times 10^{-8} \text{ கூலம்கள்.}$$

என்பதாலும் பெறப்படுகின்றதென்பதை நாம் முன்பே கண்டோம். இங்கு n_1 என்பது, முதன்மைச் சுற்றின் 1 செ. மீ. நீளத்திலுள்ள சுற்றுகளின் எண்ணிக்கையையும், n_2 என்பது, துணைச் சுருளிலுள்ள சுற்றுகளின் மொத்த எண்ணிக்கையும், A என்பது, முதன்மைச் சுருளின் குறுக்குவெட்டுப் பரப்பையும் குறிக்கின்றன. மின்னூட்டம் Q-வின் இரு மதிப்புகளையும் சமன் படுத்திஞல்,

$$\frac{8\pi\, n_1\, n_2\, Ai}{R} \times 10^{-8} = K_\theta \left(1 + \frac{\lambda}{2}\right) \quad \dots (3)$$

சமன்பாடு (2)-யைச் சமன்பாடு (3)-ஆல் வகுத்தால்,

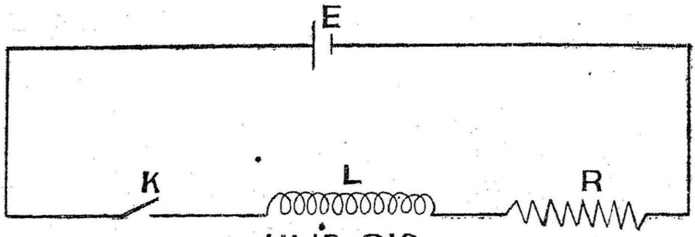
$$H = \frac{8\pi\, n_1\, n_2\, Ai}{an} \quad \frac{\theta_1}{\theta} \text{ ஓர்ஸ்டெட்டுகள்.}$$

மின் நிலைமம், மின்தடை இவைகளைக் கொண்ட ஒரு மின்சுற்றில் மின்னேட்ட வளர்ச்சி

(Growth of current in a circuit having inductance and resistance)

மின்னியக்கு விசை E கொண்ட ஒரு மின்கலத்தை, தன்மின் தூண்டல் எண் L-ஐ யுடைய ஒரு மின் நிலைமம் L, மின்தடை R, சாவி K இவைகளோடு தொடர் இணைப்பால் இணைப்பில் சேர்க்கப் படட்டும் (படம் 310). சாவி Kயை மூடும்பொழுது, மின்னேட்டம் குறுகிய காலத்தில், நிலைபெரும மதிப்பு i_0-க்கு வளர்ச்சியடை கிறது. சாவியை மூடிய 't' காலத்தில், சுற்றில் மின்னேட்டம் i ஆக இருக்கட்டும். மின் நிலைமத்தின் குறுக்காக, பயன்படுத்தப் படும் மின்னியக்கு விசையை எதிர்க்கும், பின் மின்னியக்கு விசை (back e.m.f.) $= L\frac{di}{dt}$. கொடுக்கப்பட்ட மின் இயக்கு விசைக்

கும், உண்டாக்கப்பெற்ற பின் மின் இயக்குவிசைக்கும் இடையே யுள்ள வித்தியாசமானது மின் தடை R-ன் குறுக்காக உள்ள



படம்-310

மின்னழுத்த வேறுபாட்டிற்குச் சமம். எனவே, $E - L\frac{di}{dt} = Ri$

அல்லது $L\frac{di}{dt} + Ri = E$ ... ... (1)

மின்னோட்டம் 'i', நிலைமதிப்பு i_o-வை அடையும்பொழுது,

$$\frac{di}{dt} = o$$

$$\therefore Ri_o = E \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (2)$$

E-யின் மதிப்பை, சமன்பாடு (1)-ல் இடும்பொழுது,

$$L\frac{di}{dt} + Ri = Ri_o \quad \ldots \quad \ldots \quad (3)$$

அல்லது $\frac{di}{i_o - i} = \frac{R}{L} dt$

குழுநி ஆக்கம் செய்யின் (integrating),

$$-\log e\,(i_o - i) = \frac{R}{L} t + \text{மாறிலி} \quad \ldots \quad \ldots \quad (4)$$

$t = o$ ஆக இருக்கும்பொழுது, $i = o$.

இந் நிபந்தனையை, சமன்பாடு (4)-ல் பிரதியீடு செய்யும் பொழுது,

குழுநி ஆக்க மாலிறி $= -\log e^{io}$.

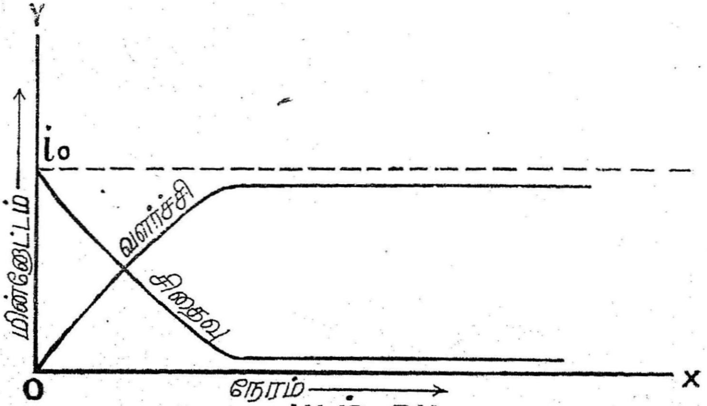
$$\therefore \; -\log e^{(i_o - i)} = \frac{R}{L} t - \log e^{io}$$

அல்லது, $\log_e \dfrac{(i_0 - i)}{i_0} = \dfrac{-R}{L}t.$

$$\therefore \frac{i_0 - i}{i_0} = e^{\frac{-R}{L}t.}$$

அல்லது $i = i_0 \left(1 - e^{\frac{-R}{L}.t}\right)$ ... ... (5)

இச் சமன்பாடு, மின் சுற்றில் மின்னோட்ட வளர்ச்சியைக் குறிக்கின்றது. 't' அதிகரிக்கும்பொழுது (expotential term) $e^{\frac{-R}{L}t}$ யின் மதிப்புக் குறைகிறது. எனவே, மின்னோட்டம் i, நிலை மதிப்பு i_0-வை வரம்பிலாத் தொடுகோட்டில் நெருங்குகிறது. காலத்தோடு, மின்னோட்டம், நிலையான மதிப்பு i_0-க்கு வளர்ச்சி யடைவது படம் 311-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம்-311

வரை படத்தில், மின்னோட்ட வளர்ச்சி வீதம், தொடக்கத்தில் மிக வேகமாகி, பின்னர் நிலை மின்னோட்ட மதிப்பு i_0-வை நெருங்க, நெருங்கக் குறைகிறது. சமன்பாடு (5)-ஐப் பகுக்கின்,

$$\frac{di}{dt} = \frac{R}{L} i_0 \, e^{\frac{-R}{L}t.}$$

$$= \frac{R}{L} i_0 \frac{(i_0 - i)}{i_0}$$

$$= \frac{R}{L}(i_0 - i) \quad \text{... ... ...} \quad (6)$$

சமன்பாடு (6)-ல் மின்னோட்ட வளர்ச்சி வீதம், $\frac{R}{L}$ மதிப்பு அதிகமாகத் தானும் அதிகமாகிறது. i, நிலைமதிப்பு i_0-வை நெருங்கும்பொழுது, வளர்ச்சி வீதம் குறைகிறது. சமன்பாடு (5)-ல்,

$$t = \frac{L}{R} \text{ ஆனால்,}$$

$$i = i_0 \left(1 - \frac{1}{e}\right) = 0{\cdot}63\ i_0.$$

காலம் $t = \frac{L}{R}$ என்பது மின் சுற்றின் நேர மாறிலி (time constant) என அழைக்கப்படுகிறது. மின்சுற்றில், மின்னோட்டம் நிலைமதிப்பில் ஏறத்தாழ 63 சதவீதம் வளர்ச்சியடைய எடுத்துக்கொள்ளும் நேரமே, அச் சுற்றின் நேர மாறிலி என வரையறுக்கலாம்.

$$t = \frac{2L}{R} \text{ நேரத்தில், } i = i_0 \left(1 - \frac{1}{e^2}\right) = 0{\cdot}86\ i_0$$

$$t = \frac{3L}{R} \text{ நேரத்தில், } i = i_0 \left(1 - \frac{1}{e^3}\right) = 0{\cdot}95\ i_0.$$

கொள்கைப்படி, மின்னோட்டம் ஈறிலா நேரத்திற்குப் பிறகே நிலைமதிப்பை அடையவேண்டும். ஆனால், சோதனையின் பொழுது, L, R இவைகளின் மதிப்புகள், மின்னோட்டம் பெரும மதிப்பைக் குறுகிய நேரத்தில் அடையும் முறையில் அமைந்துள்ளன.

மின் நிலைம எண் $L = 10$ மில்லி ஹென்ட்ரிகள், $R = 10$ ஓம்கள் கொண்ட ஒரு சுற்றில்,

$$\text{நேர மாறிலி } \frac{L}{R} = \frac{{\cdot}01}{10} = \frac{1}{1000} \text{ வினாடி.}$$

அவ் வகை மின் சுற்றில், மின்னோட்டம், பெரும மதிப்பின் 63%-ஐ $\frac{1}{1000}$ வினாடியிலும், 86% பெரும மதிப்பை $\frac{1}{500}$ வினாடியிலும், 95% பெரும மதிப்பை $\frac{3}{1000}$ வினாடியிலும் அடைகின்றது.

மின் நிலைமம், மின்தடை இவைகளைக் கொண்ட ஒரு மின் சுற்றில் மின்னோட்டச் சிதைவு

(Decay of current in a circuit with Inductance and Resistance)

மேலே கொடுக்கப்பட்ட, மின் சுற்றில் (படம் 310) மின்னோட்டம் பெரும மதிப்பு i_0-ஐ அடைந்த பிறகு, சாவி K வைத் திறந்தால், பயன்படுத்தப்படும் மின்னியக்கு விசையின் மதிப்பு சுழியை அடைகிறது. எனவே, மின்சுற்றின் மின்னோட்டம் சிதைவுறுகிறது. எனவே, $E = O$.

$$\therefore \quad L\frac{di}{dt} + Ri = O \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad (7)$$

$$\frac{di}{i} = -\frac{R}{L}\,dt$$

குழுநி ஆக்கம் செய்யின்,

$$\log_e i = -\frac{R}{L}.\,t + \text{மாறிலி} \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad (8)$$

நேரம் $t = o$ ஆனால், $i = i_0$

இந் நிபந்தனையைச் சமன்பாடு (8)-ல் பயன்படுத்தினால்,

$$\log_e i = \frac{-R}{L}t + \log_e i_0$$

$$\log_e\left(\frac{i}{i_0}\right) = \frac{-R}{L}\,t$$

$$\therefore \quad i = i_0\,e^{\frac{-R}{L}t} \quad \dots \quad \dots \quad (9)$$

மின்னோட்டம் எக்ஸ்போனென்சியல் (exponential) முறையில் நேரத்தோடு சிதைவுறுகிறது என்பதைச் சமன்பாடு (9) காட்டுகின்றது. ஈறிலாக் கால முடிவில் அது சுழிமதிப்பை அடைகின்றது. மின் நிலைமத்தில், மின்னோட்டம் சிதைவுறுவது படம் 311-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

சமன்பாடு (9)-ஐப் பகுக்கின்,

$$\frac{di}{dt} = \frac{-R}{L}i_0\,e^{\frac{-R}{L}.t}$$

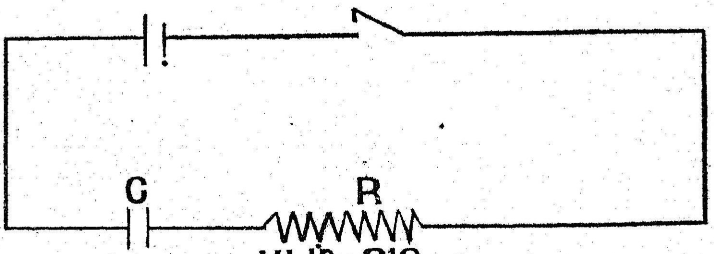
$$= \frac{-R}{L} i \quad \ldots \quad \ldots \qquad (10)$$

மின்னோட்டச் சிதைவு வீதம், $\frac{di}{dt}$, $\frac{R}{L}$-ன் மதிப்பையும், அக் கணத்தில் மின்னோட்ட மதிப்பையும் சார்ந்திருக்கின்றது. நேர மாறிலி $\frac{L}{R}$-ன் மதிப்புக் குறைவாக இருக்கும்பொழுது, சிதைவு வீதம் மிக அதிகமாக இருக்கின்றது.

மின்சுற்றைத் திறந்த கணத்திலிருந்து, $\frac{L}{R}$, $\frac{2L}{R}$, $\frac{3L}{R}$ நேரம் கழித்து, மின்சுற்றில் மின்னோட்ட மதிப்பு, $0{\cdot}37\, i_0$, $0{\cdot}14\, i_0$, $0{\cdot}05\, i_0$ ஆகும். கொள்கை அளவில், சுழிமதிப்பை, ஈறிலா நேரத்தின் முடிவில் அடைந்தபோதிலும், சோதனை முறையில், வளர்ச்சியின்பொழுது நடப்பதுபோலவே, மின்னோட்டச் சிதைவும் சுழிமதிப்பைக் குறுகிய காலத்தில் அடைகிறது.

மின்தடை, மின்தேக்கி (condenser) இவைகளைக் கொண்ட மின் சுற்றில் மின்னூட்ட வளர்ச்சி

மின்னியக்கு விசை E யுடைய ஒரு மின்கல அடுக்கு, சாவி K, மின் தடை R, மின்தேக்கி C ஆகிய இவைகளைத் தொடர் இணைப்பில் கொண்ட ஒரு மின் சுற்றை எடுத்துக்கொள்வோம் (படம் 312). சாவி K யை மூடியவுடன், மின்தேக்கி மின்னூட்



படம்-312

டப்படுகிறது. தூண்டுச் சுற்றில் மின்னோட்டம் வளர்ச்சி யடைவதுபோலவே, மின்தேக்கியில் மின்னூட்டம் சுழிமதிப்பிலிருந்து நிலைமதிப்புக்கு வளர்ச்சியடைகின்றது. மின்சுற்றை மூடிய பிறகு, ஏதாவதொரு கணம் 't'-யில், மின்தேக்கியில் மின்னூட்டம் q ஆக இருக்கட்டும்.

பயன்படுத்திய மின்னியக்கு விசைக் கெதிராக, மின்தேக்கி தட்டுகளுக்கிடையே ஏற்படும் கண மின்னழுத்த வேறுபாடு,

$$= \frac{q}{C}.$$

இங்கு C என்பது, மின்தேக்கியின் மின்தேக்கு திறனைக் குறிக்கின்றது.

மின்தடை R-ன் வழியாக, கண மின்னோட்டம் i யை விளைவிக்கும் விளைவு மின்னழுத்த வேறுபாடு $= E - \frac{q}{C}$.

ஓம் விதிப்படி,

$$E - \frac{q}{C} = Ri \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (1)$$

ஆனால், $i = \frac{dq}{dt}$.

$$E - \frac{q}{C} = R\frac{dq}{dt}.$$

அல்லது $R\frac{dq}{dt} + \frac{q}{C} = E \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (2)$

$q = q_0$ (பெரும மின்னூட்டம்) ஆக இருக்கும்பொழுது,

$$\frac{dq}{dt} = o$$

இந் நிபந்தனையைச் சமன் (2)-ல் பயன்படுத்தும்பொழுது,

$$E = \frac{q_0}{C}$$

$$\therefore \quad R\frac{dq}{dt} + \frac{q}{C} = \frac{q_0}{C}$$

அல்லது, $\frac{dq}{q_0 - q} = \frac{dt}{CR} \quad \ldots \quad \ldots \quad (3)$

குழுநி ஆக்கம் செய்தால்,

$$-\log_e (q_0 - q) = \frac{t}{CR} + \text{மாறிலி} \quad \ldots \quad \ldots \quad (4)$$

$t = o$ ஆக இருக்கும்பொழுது,

$$q = o$$

$$\therefore \quad \text{மாறிலி} = -\log_e q_0$$

சமன்பாடு (4)ல், மாறிலியின் மதிப்பைப் பயன்படுத்தும் பொழுது,

$$-\log_e (q_0 - q) = \frac{t}{CR} - \log_e q_0$$

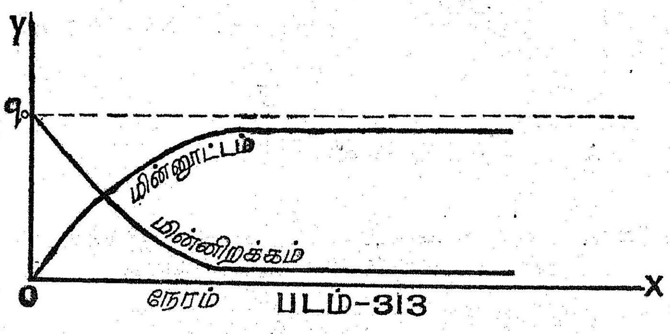
$$\log_e \frac{(q_0 - q)}{q_0} = -\frac{t}{CR}$$

$$\frac{q_0 - q}{q_0} = e^{\frac{-t}{CR}}$$

$$\frac{q}{q_0} = \left(1 - e^{\frac{-t}{CR}}\right)$$

$$q = q_0 \left(1 - e^{\frac{-t}{CR}}\right) \quad \ldots \quad \ldots \quad (5)$$

நேரம் t அதிகமாகும்பொழுது, எக்ஸ்போனென்சியல் எண் $e^{\frac{-t}{CR}}$ குறைவதால், மின் தேக்கியில் மின்னூட்டம் நிலைமதிப்பு q_0 வை வரம்பிலாத் தொடுகோட்டில் அடைகிறது (asymptotically). இம் மின்சுற்றின் நேரமாறிலி $t = CR$ ஆகும். மின்



படம்-313

தேக்கியில் மின்னேட்டம், இந் நேரத்தில், ஏறத்தாழ 63% பெரும மின்னூட்ட மதிப்பையும், நேரம் 2 CR, 3 CR ஆக

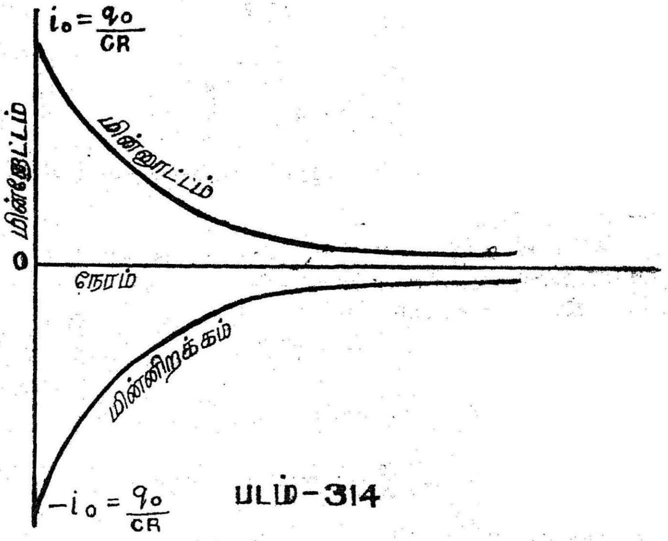
இருக்கும்பொழுது, ஏறத்தாழ முறையே 86%, 95% பெரும மின்னூட்ட மதிப்பையும் அடைகிறது. மின்தேக்கு திறனை ஃபாரட் (farads) களிலும் மின்தடை 'R'-ஐ ஓமிலும் எடுத்துக் கொண்டால், நேரமாறிலி, விநாடிகளில் இருக்கும். கொள்கைப் படி, மின்தேக்கியில் மின்னூட்டம், பெரும மதிப்பை, ஈறிலாக் கால முடிவில்தான் அடைய முடியும். ஆனால் சோதனை முறையில், C, R இவைகள் இரண்டும் மிக அதிக மதிப்புக் கொண்டிருந்தாலொழிய, நேரமாறிலி, வழக்கமாகச் சிறியதாகவே இருக்கின்றது. காட்டாக,

$C = 1$ மைக்ரோ ஃபாரட்

$R = 100$ ஓம்கள், ஆக அமைந்தால்,

நேரமாறிலி $t = 10^{-6} \times 10^{2}$

$= 10^{-4}$ விநாடிகள்.



படம்-314

மின் தேக்கியில் மின்னூட்டம், பெரும மதிப்பிற்கு வளர்ச்சி யடையும் முறை படம் 318-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

மின்னோட்டம் $i = \frac{dq}{dt} = \frac{d}{dt}\left[q_0\left(1 - e^{\frac{-t}{CR}}\right)\right] = \frac{q_0}{CR} = e^{\frac{-t}{CR}}$

$t = o$ ஆக இருக்கும்பொழுது, $i_0 = \frac{q_0}{CR}$

மின்னோட்டம், காலத்தோடு எக்ஸ்போனென்சியல் முறையில் படம் 314-ல் காட்டியபடி குறைகிறது.

ஒரு மின் தடையின் வழியாக ஒரு மின்தேக்கியின் மின்னிறக்கம் (Discharge)

சமன்பாடு $E - \frac{q}{C} = Ri$-ல், $E = O$ என்ற மதிப்பை இட்டால் ஒரு மின் தடையின்வழியாக ஒரு மின் தேக்கியின் மின்னிறக்கத்திற்கான சமன்பாட்டைப் பெறலாம்.

$$\therefore \frac{q}{C} + Ri = O$$

ஆனால், $i = \frac{dq}{dt}$

$$\therefore \frac{q}{C} + R\frac{dq}{dt} = O \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad (6)$$

$$R\frac{dq}{dt} = -\frac{q}{C}$$

$$\frac{dq}{q} = -\frac{dt}{CR} \quad \dots \quad \dots \quad (7)$$

குழுநி ஆக்கம் செய்தால்,

$$\log_e q = -\frac{t}{CR} + \text{மாறிலி} \quad \dots \quad \dots \quad (8)$$

$t = o$ ஆக இருக்கும்பொழுது, $q = q_0$

$$\therefore \text{மாறிலி} = \log_e q_0$$

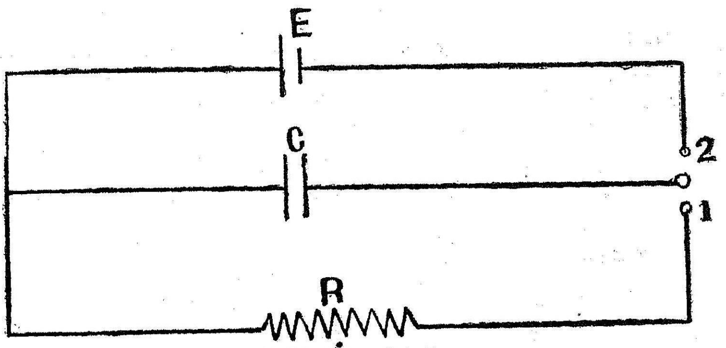
$$\therefore \log_e q = -\frac{t}{CR} + \log_e q_0$$

அல்லது $\log_e \frac{q}{q_0} = -\frac{t}{CR}$

$$\therefore \frac{q}{q_0} = e^{-\frac{t}{CR}}$$

$$\text{அல்லது } q = q_0 \ e^{\frac{-t}{CR}} \quad \ldots \quad \ldots \quad (9)$$

மின் தடை மட்டும் கொண்ட ஒரு மின் சுற்றின் வழியாக மின்னூட்டம் பெற்ற ஒரு மின் தேக்கியின் மின்னிறக்கத்தைச் சமன்பாடு (9) குறிக்கின்றது. மின் தேக்கியின் மின்னிறக்கத்தை விளக்கும் வரைபடம், படம் 313-ல் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது.



படம்-315

நேரம் CR, $2CR$, $3CR$ மதிப்பிற்குச் சமனாகும்பொழுது, மின் தேக்கியில் மின்னூட்டம் தொடக்க மதிப்பில் 37%, 14%, 5%க்குக் குறைக்கப்படுகிறது, கொள்கைப்படி, மின்னூட்டம். காலத்தோடு எக்ஸ்போனென்சியல் முறையில் குறைந்து, ஈறிலா நேர முடிவில், சுழி மதிப்பை அடையவேண்டும். ஆனால், C, R களின் சாதாரண மதிப்புகளுக்கு, மின் தேக்கியின் மின்னூட்டம் ஒரு விநாடிப் பின்னத்திலேயே மறைந்துவிடும் அளவிற்கு, நேர மாறிலி CR மிகச் சிறியதாகும்.

ஏதாவதொரு கணத்தில்,

$$\text{மின்னோட்டம் } i = \frac{dq}{dt}$$

$$= -\frac{q_0}{CR} \ e^{-\frac{t}{CR}}$$

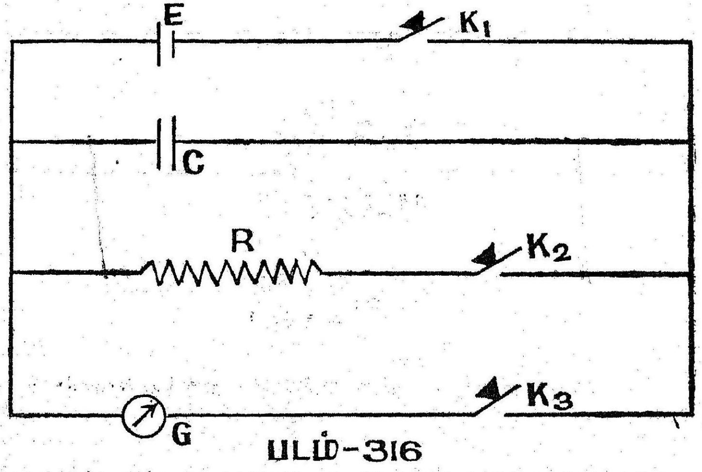
மின்னிறக்கத்தின்பொழுது, மின்னோட்டம் காலத்தோடு மாறுவது படம் 314-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

கசிவு முறையில் உயர் மின்தடையை அளத்தல்

(Measurement of High Resistance by leakage)

ஒரு குறிப்பிட்ட நேரத்திற்கு, மின்தேக்கியிலுள்ள மின்னூட்டத்தை மின்தடையின் வழியாக மின்னிறக்கம் செய்து, பின்னர் மீதியுள்ள மின்னூட்டத்தை, அலைவு காட்டும் கால்வனு மீட்டரைப் பயன்படுத்திக் கண்டறிந்து, அளவில் மிக உயர் மின் தடைகளின் மதிப்புகளைக் காணலாம்.

படம் 316-ல் காட்டியபடி, மின் சுற்றை அமைத்துக் கொள்ளவும். சாவி K_1-ஐ மூடி மின் தேக்கியை மின்னூட்டம் செய்க. சாவி K_1-ஐத் திறக்கவும்; உடனடியாக சாவி K_3-ஐ



படம்-316

மூடி, மின் தேக்கியை அலைவு காட்டும் கால்வனு மீட்டர் வழியாக மின்னிறக்கம் செய்யவேண்டும். அப்பொழுது, கால்வனு மீட்டரில் நிகழும் வீச்சு θ வைக் குறித்துக் கொள்ளவேண்டும்.

$$EC = Q_0$$
$$= K\theta\left(1+\frac{\lambda}{2}\right)$$

மீண்டும் சாவி K_1-ஐ மூடி மின்தேக்கியை மின்னூட்டம் செய்க. சாவி K_1-ஐத் திறந்து, சாவி K_2 வை உடனடியாக மூட வேண்டும். ஒரு நிறுத்துக் கடிகாரத்தை அதே சமயத்தில் ஓடச் செய்யவும். ஒரு குறிப்பிட்ட நேரத்திற்கு, மின் தேக்கியை, மின்

தடை R-ன் வழியாக மின்னிறக்கம் செய்யவும். பிறகு சாவி K_2-ஐத் திறந்து, சாவி K_3-ஐ மூடிவிடவேண்டும். மின் தேக்கியிலுள்ள மீதி மின்னூட்டத்தைக் கால்வனு மீட்டர்வழியாக மின்னிறக்கம் செய்யவும். கால்வனு மீட்டரில் வீச்சு θ_1-ஐக் குறித்துக் கொள்க. 't' விநாடிகளுக்குப் பின், மீதியுள்ள மின்னூட்டம் Q ஆனால்,

$$Q = K\theta_1\left(1 + \frac{\lambda}{2}\right)$$

$$\therefore \frac{Q_0}{Q} = \frac{\theta}{\theta_1}$$

$$\text{ஆனால், } Q = Q_0 e^{\frac{-t}{CR}}$$

$$\frac{Q_0}{Q} = e^{\frac{t}{CR}}$$

$$\therefore \frac{t}{CR} = \log_e\left(\frac{Q_0}{Q}\right)$$

$$= \log_e\left(\frac{\theta}{\theta_1}\right)$$

$$\therefore R = \frac{t}{C\log_e\left(\frac{\theta}{\theta_1}\right)} \quad \ldots \quad \ldots \quad (1)$$

மின் தேக்கு திறன் C-யின் மதிப்பை அறிந்துகொண்டு, R-ன் மதிப்பைக் காணலாம்.

மின்தேக்கி. இயல் கசிவு மின் தடை (natural leakage resistance) யைப் பெற்றிருக்கலாம். கசிவு மின் தடை R_1 ஐ-க் காண, சாவி K_1-ஐ மூடி மின் தேக்கியை மின்னூட்டம் செய்யவேண்டும். சாவி K_1-ஐத் திறக்கவும். தெரிந்த நேரம் t-க்குப் பின், கால்வனு மீட்டர் வழியாக மின் தேக்கியை, மின்னிறக்கம் செய்யவும். வீச்சு θ_2 வைக் குறிக்கவும்.

$$R_1 = \frac{t}{C\log_e\left(\frac{\theta}{\theta_2}\right)} \quad \ldots \quad \ldots \quad (2)$$

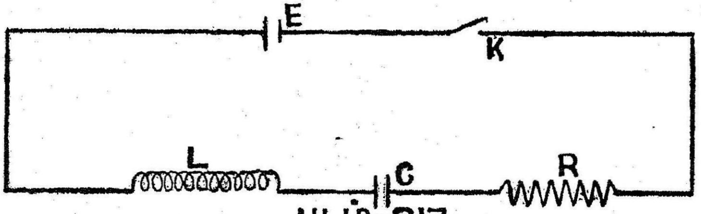
R, R_1 இவைகளைப் பக்க இணைப்பில் (parallel) சேர்த்து, கூட்டு மின் தடை R_2 வைக் காண்க.

பிறகு, $\frac{1}{R_2} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R}$.

இதிலிருந்து, உயர் மின் தடை R-ன் மதிப்பைக் கணக்கிடலாம்.

ஒரு மின் நிலைமம், ஒரு மின் தடை இவைகளோடு தொடர் இணைப்பில் சேர்க்கப்பட்ட, ஒரு மின் தேக்கியில் மின்னூட்ட வளர்ச்சி

மின்னியக்கு விசை E கொண்ட ஒரு மின்கல அடுக்கை, தன் மின் நிலைம எண் L-ஐ யுடைய ஒரு மின் நிலைமம், மின் தேக்கு திறன் C-ஐ யுடைய ஒரு மின் தேக்கி, மின் தடை R, சாவி K இவைகளுடன் தொடர் இணைப்பில் சேர்க்கவும் (படம் 317). சாவி Kயை மூடினால், மின் தேக்கி, குறுகிய காலத்தில் நிலை



படம்-317

மின்னூட்ட மதிப்பை அடைகிறது. சாவியை மூடிய பின்னர், ஏதாவதொரு கண நேரம் 't'யில் மின்னோட்ட மதிப்பு 'i' ஆகவும், மின் தேக்கியில் கண மின்னூட்டம் q ஆகவும் இருக்கட்டும். இக் கண நேரத்தில் மின் நிலைமத்தின் குறுக்கே, மின்னியக்கு விசை, $= L\frac{di}{dt}$. மின் தேக்கியின் தட்டுகள் குறுக்கே, உபயோகிக்கும் மின்னியக்கு விசைக்கெதிராக, கண மின்னழுத்த வேறுபாடு $= \frac{q}{c}$.

எனவே, மின் தடை R-ன் வழியாகக் கண மின்னோட்டம் i-யை அனுப்பும், விளைவு மின்னழுத்த வேறுபாடு $= E - L\frac{di}{dt} - \frac{q}{c}$.

ஓம் விதிப்படி,

$$E - L\frac{di}{dt} - \frac{q}{c} = Ri$$

$$L \frac{di}{dt} + Ri + \frac{q}{C} = E$$

ஆனால், $i = \frac{dq}{dt}$

$$\therefore L \frac{d^2q}{dt^2} + R \frac{dq}{dt} + \frac{q}{C} = E \quad \dots \quad \dots \quad (1)$$

$$\frac{d^2q}{dt^2} + \frac{R}{L} \frac{dq}{dt} + \frac{q - CE}{LC} = O \quad \dots \quad \dots \quad (2)$$

இப்போது.

$$\frac{R}{L} = 2\,m,$$

$$\frac{1}{LC} = n^2,$$

$q - CE = x$ என வைத்துக்கொள்வோம்.

$$\therefore \frac{dq}{dt} = \frac{dx}{dt}$$

$$\frac{d^2q}{dt^2} = \frac{d^2x}{dt^2}$$

இம் மதிப்புகளைச் சமன்பாடு (2)ல் பிரதியீடு செய்தால்,

$$\frac{d^2x}{dt^2} + 2m \frac{dq}{dt} + n^2x = O \quad \dots \quad \dots \quad (3)$$

$x = e^{\lambda t}$ என்பதை இச் சமன்பாட்டின் ஒரு குறிப்பிட்ட தீர்வு (solution) எனக் கொள்வோம்.

பகுக்கின்,

$$\frac{dx}{dt} = \lambda\, e^{\lambda t}$$

மீண்டும் பகுக்கின்,

$$\frac{d^2x}{dt^2} = \lambda^2\, e^{\lambda t}.$$

இம் மதிப்புகளை, சமன்பாடு (3)-ல் பிரதியீடு செய்தால்,

$$\lambda^2 e^{\lambda t} + 2m\lambda\, e^{\lambda t} + n^2 e^{\lambda t} = O$$

$$e^{\lambda t}(\lambda^2 + 2m\lambda + n^2) = 0$$
$$\lambda^2 + 2m\lambda + n^2 = 0$$
$$\lambda = -m \pm \sqrt{m^2 - n^2}$$

இந்தப் பகுப்பு சமன்பாட்டின் (differential equation), மிகப் பொதுவான தீர்வை (most general solution)க் கீழ்க்கண்டவாறு எழுதலாம்.

$$x = Ae^{(-m+\sqrt{m^2-n^2})t} + Be^{(-m-\sqrt{m^2-n^2})t}$$

A, B இரண்டும் பொதுவான (arbitrary) மாறிலிகளாகும்.

$x = q - CE$, எனப் பிரதியீடு செய்யின்,

$$q - CE = Ae^{(-m+\sqrt{m^2-n^2})t} + Be^{(-m-\sqrt{m^2-n^2})t}$$

அல்லது,

$$q = CE + Ae^{(-m+\sqrt{m^2-n^2})t} + Be^{(-m-\sqrt{m^2-n^2})t}$$

$CE = q_0$ = பெரும மின்னூட்டம் எனக் கொள்ளும்பொழுது,

$$q = q_0 + Ae^{(-m+\sqrt{m^2-n^2})t} + Be^{(-m-\sqrt{m^2-n^2})t} \quad \ldots \quad (4)$$

$$= q_0 + e^{-mt}\left[Ae^{\sqrt{m^2-n^2}.t} + Be^{-\sqrt{m^2-n^2}.t}\right] \quad (5)$$

$t = o$ ஆக இருக்கும்பொழுது, $q = o$

சமன்பாடு (5)ல் இந் நிபந்தனையை உபயோகிக்கும்பொழுது,

$$o = q_0 + (A + B)$$

$$\therefore A + B = -q_0 \quad \ldots \quad \ldots \quad (6)$$

சமன்பாடு (4)-ஐப் பகுக்கின்,

$$\frac{dq}{dt} = A(-m + \sqrt{m^2 - n^2})\,e^{(-m+\sqrt{m^2-n^2})t}$$
$$+ B(-m - \sqrt{m^2 - n^2})\,e^{(-m-\sqrt{m^2-n^2})t}$$

$t = o$ ஆக இருக்கும் பொழுது, $\frac{dq}{dt} = o.$

$$\therefore \quad O = A \left(-m + \sqrt{m^2 - n^2}\right) + B\left(-m - \sqrt{m^2 - n^2}\right)$$

$$= -m(A+B) + \sqrt{m^2 - n^2}\,(A-B)$$

$$= -m\,q_0 + \sqrt{m^2 - n^2}\,(A-B)$$

$$\therefore \quad A - B = \frac{mq_0}{\sqrt{m^2 - n^2}} \quad \ldots \quad \ldots \quad (7)$$

சமன்பாடுகள் (6), (7) இவைகளிலிருந்து,

$$A = -\tfrac{1}{2}\,q_0 \left(1 + \frac{m}{\sqrt{m^2 - n^2}}\right)$$

$$B = -\tfrac{1}{2}\,q_0 \left(1 - \frac{m}{\sqrt{m^2 - n^2}}\right)$$

A, B இவைகளின் மதிப்புகளை, சமன்பாடு (4)-ல் பிரதியீடு செய்யின்,

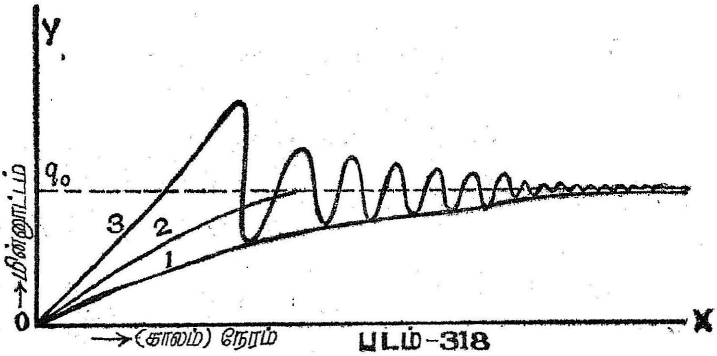
$$q = q_0 - \tfrac{1}{2}\,q_0 \left(1 + \frac{m}{\sqrt{m^2 - n^2}}\right) e^{\left(-m + \sqrt{m^2 - n^2}\right) t}$$

$$-\tfrac{1}{2}\,q_0 \left(1 - \frac{m}{\sqrt{m^2 - n^2}}\right) e^{\left(-m - \sqrt{m^2 - n^2}\right) t} \quad \ldots \quad (8)$$

நிபந்தனை (i): $m^2 > n^2$ ஆக இருக்கும்பொழுது, அதாவது $\frac{R^2}{4L^2} > \frac{1}{LC}$ ஆகஇருக்கும் பொழுது, $\sqrt{m^2 - n^2}$ யின் மதிப்பு உண்மையான (real) தாகும்.

மின்தேக்கியில் மின்னூட்டம், இப்பொழுது, காலத்தோடு எக்ஸ்போனென்சியல் முறையில் வளர்ச்சியடைந்து, பெருமமதிப்பு q_0-வை வரம்பிலாத் தொடுகோட்டில், படம் 318-ல் காட்டியபடி அடைகிறது. இம் முறையில் மின்னூட்டப்படுத்தல் அலைவு காட்டாதது (aperiodic) அல்லது அலைவற்றது (dead-beat).

நிபந்தனை (ii): $m^2 = n^2$ ஆக இருக்கும்பொழுது, அதாவது $\frac{R^2}{4L^2} = \frac{1}{LC}$ ஆக இருக்கும்பொழுது, மின்னூட்டம் காலத்தோடு எக்ஸ்போனென்சியல் முறையில் வளர்ச்சியடைந்து, நிலைமதிப்பை, மீச்சிறு காலஅளவில், படம் 318-ல் வரைகோட்டால் காட்டியபடி அடைகிறது.



படம்-318

நிபந்தனை (iii): $m^2 < n^2$ ஆக இருக்கும் பொழுது, அதாவது $\frac{R^2}{4L^2} < \frac{1}{LC}$ ஆக இருக்கும்பொழுது, $\sqrt{m^2 - n^2}$ கற்பனை எண்ணாகிறது (imaginary).

$$\therefore \quad \sqrt{m^2 - n^2} = \sqrt{-1\,(n^2 - m^2)}$$

$$= i\sqrt{n^2 - m^2}$$

அங்கே i யின் மதிப்பு $= \sqrt{-1}$

இப்போது $i\sqrt{n^2 - m^2}$ உண்மை எண்ணாகும் (real).

இம் மாற்றத்தை உண்டாக்கினால், சமன்பாடு (8) கீழ்க் காணும் அமைப்பைப் பெறுகிறது.

$$q = q_0 - q_0 e^{-mt}\left(\frac{e^{i\sqrt{n^2-m^2}\cdot t} + e^{-i\sqrt{n^2-m^2}\cdot t}}{2}\right)$$

$$+ \frac{mq_0 e^{-mt}}{\sqrt{n^2-m^2}}\left(\frac{e^{i\sqrt{n^2-m^2}\cdot t} - e^{-i\sqrt{n^2-m^2}\,t}}{2i}\right) \quad \ldots \quad \ldots \quad (9)$$

இப்பொழுது,

$$\frac{e^{i\sqrt{n^2-m^2}\,.\,t} + e^{-i\sqrt{n^2-m^2}\,.\,t}}{2} = \cos\sqrt{n^2-m^2}\,.\,t$$

$$\frac{e^{i\sqrt{n^2-m^2}\,.\,t} - e^{-\sqrt{n^2-m^2}\,.\,t}}{2\,i} = \sin\sqrt{n^2-m^2}\,.\,t$$

சமன்பாடு (9)-ல் இம் மதிப்புகளை, பிரதியீடு செய்யின்,

$$q = q_o - \frac{q_0\, e^{-mt}}{\sqrt{n^2-m^2}} \left(\sqrt{n^2-m^2}\cos\sqrt{n^2-m^2}\,.\,t + m\sin\sqrt{n^2-m^2}\,.\,t \right)$$

$$= q_o\left[1 - \frac{n\, e^{-mt}}{\sqrt{n^2-m^2}}\cos\left(\sqrt{n^2-m^2}\,.\,t - \theta\right)\right] \quad \ldots (10)$$

இங்கே, $\tan\theta = \frac{m}{\sqrt{n^2-m^2}}$ என்ற மதிப்பைப் பயன்படுத்தி உள்ளோம்.

இம் முறையில், மின்தேக்கி மின்னூட்டம் செய்தல் அலைவுள்ளதாகக் கருதப்படுகிறது (oscillatory). மின்னூட்ட அளவு, நிலைமதிப்பு q_0-வில் நிலையாகத் தங்குவதற்கு முன்பு, பெரும மின்னூட்ட மதிப்பு q-க்கு அதிகமாகவும், குறைவாகவும், அடுத்தடுத்து மாறுகின்றது.

அலைவுகளின் வீச்சைக் குறிக்கும் பதத்தில், எக்ஸ்போனென்சியல் காரணி இருப்பதால் அலைவுகள் மிக அதிகமாகத் தடையுறுகின்றன. அலைவு முறையில், மின்தேக்கி மின்னூட்டப்படுத்தப்படும் முறையானது, வளைகோட்டால் படம் 318-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. மின்தேக்கியை, தடையுறு அலைவு, மின்னூட்டம் செய்யும்பொழுது, (damped oscillatory charging) அலைவு நேரம்,

$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{n^2-m^2}} = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}}} \quad \ldots (11)$$

மின் நிலைம எண் 'L' ஓடு ஒப்பிடும்பொழுது, மின் சுற்றின் மின்தடை R ஆனது மிகச் சிறியதாக இருந்தால், $\frac{R^2}{4L^2}$ - ஐ ஒதுக்கிவிடலாம்.

இப்பொழுது,

$$\text{அலைவு நேரம் } T = 2\pi \sqrt{LC}$$

$$\text{அலைவு அதிர்வெண் } n = \frac{1}{T}$$

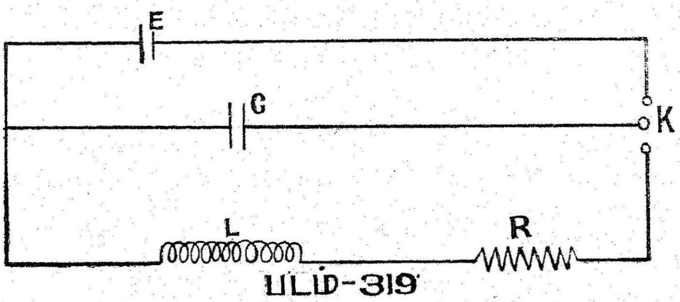
$$= \frac{\sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}}}{2\pi} \quad \dots \quad (12)$$

மின்தடை R-ன் மதிப்பு மிகக் குறைவாக இருப்பின்,

$$n = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad \dots \quad \dots \quad (13)$$

ஒரு மின் நிலைமம், ஒரு மின்தடை வழியாக ஒரு மின்தேக்கியின் மின்னிறக்கம்

படம் 319-ல் காட்டியபடி சாவி K-வை மேல்குமிழுடன் தொடர்புபடுத்தி, தொடக்கத்தில், மின்னியக்கு விசை E-யைக் கொண்ட ஒரு மின்கல அடுக்கால், மின்தேக்கியை மின்னூட்டம்



படம்-319

செய்யவும். கீழுள்ள குமிழுடன், சாவி K-வைத் தொடர்புபடுத்தும் பொழுது, மின்நிலைமம் L, மின்தடை R வழியாக மின்தேக்கி மின்னிறக்கம்செய்யப்படுகிறது.

மின்னிறக்கத்தின்பொழுது, $E = O$

$$\therefore L \frac{di}{dt} + Ri + \frac{q}{C} = O \quad \dots \quad \dots \quad (1)$$

$i = \frac{dq}{dt}$ எனப் பிரதியீடு செய்யும்பொழுது,

$$L \frac{d^2q}{dt^2} + R\frac{dq}{dt} + \frac{q}{C} = O$$

அல்லது $\frac{d^2q}{dt^2} + \frac{R}{L}\frac{dq}{dt} + \frac{q}{LC} = O \quad \dots \quad \dots \quad (2)$

இங்கு,

$$\frac{R}{L} = 2m,$$

$\frac{1}{LC} = n^2$ எனக் கொண்டால்,

$$\frac{d^2q}{dt^2} + 2m + n^2q = O \quad \dots \quad \dots \quad (3)$$

சமன்பாடு (2)-ன் ஒரு குறிப்பிட்ட தீர்வு

$q = e^{\lambda t}$ ஆனால்,

$$\frac{dq}{dt} = \lambda e^{\lambda t}$$

$$\frac{d^2q}{dt^2} = \lambda^2 e^{\lambda t}$$

$$\therefore \lambda^2 e^{\lambda t} + 2m\lambda e^{\lambda t} + n^2 e^{\lambda t} = O$$

$$e^{\lambda t} [\lambda^2 + 2m\lambda + n^2] = O \quad \dots \quad \dots \quad (4)$$

அல்லது, $\lambda^2 + 2m\lambda + n^2 = O$

$\therefore \lambda = -m \pm \sqrt{m^2 - n^2}$

இச் சமன்பாட்டின் மிகப் பொதுத் தீர்வைக் கீழ்க்காணும் முறையில் எழுதலாம்.

$$q = A e^{(-m \sqrt{m^2 - n^2})t} + B e^{(-m - m\sqrt{m^2 - n^2})t} \quad \dots \quad \dots \quad (5)$$

$t = o$ ஆக இருக்கும்பொழுது, $q = q_o$ சமன்பாடு (5)-ல் இந் நிபந்தனையைப் பிரதியீடு செய்யின்,

$$A + B = q_0 \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (6)$$

மேலும், $t = o$ ஆக இருக்கும்பொழுது, $\frac{dq}{dt} = O.$

சமன்பாடு (5) ஐப் பகுத்த பின்னர் $\frac{dq}{dt} = o$ எனக்குறித்தால், $t = o$ ஆக இருக்கும்பொழுது,

$$(-m + \sqrt{m^2 - n^2})\, A + (-m - \sqrt{m^2 - n^2})\, B = O$$

$$-m\,(A+B) + \sqrt{m^2 - n^2}\,(A-B) = O$$

$$(A-B) = \frac{m\,(A+B)}{\sqrt{m^2-n^2}}$$

$$= \frac{mq_0}{\sqrt{m^2-n^2}} \quad \ldots \quad \ldots \quad (7)$$

சமன்பாடுகள் (6), (7), இவைகளிலிருந்து,

$$A = \tfrac{1}{2}\, q_0 \left(1 + \frac{m}{\sqrt{m^2-n^2}}\right)$$

$$B = \tfrac{1}{2}\, q_0 \left(1 - \frac{m}{\sqrt{m^2-n^2}}\right)$$

A, B இவைகளின் இந்த மதிப்புகளைச் சமன்பாடு (5)-ல் பிரதியீடு செய்யின்,

$$q = \tfrac{1}{2}\, q_0\, e^{-mt} \left[-\left(1 + \frac{m}{\sqrt{m^2-n^2}}\right) e^{\sqrt{m^2-n^2}\,.\,t} + \left(1 - \frac{m}{\sqrt{m^2-n^2}}\right) e^{-\sqrt{m^2-n^2}\,.\,t} \right] \quad (8)$$

நிபந்தனை (i) : $m^2 > n^2$ ஆக இருக்கும்பொழுது, அதாவது $\frac{R^2}{4L^2} > \frac{1}{LC}$ ஆக இருக்கும்பொழுது, $\sqrt{m^2 - n^2}$ யின் மதிப்பு உண்மையானது. மின்னூட்டம் நேரத்தோடு, படம் 320-ல் வரைகோடு (1)-ல் காட்டியபடி எக்ஸ்போனென்சியல் முறையில் குறைகிறது. இம் முறையில் மின்னிறக்கம் செய்தல், அலைவு காட்டாதது (aperiodic) அல்லது அலைவற்றது (dead-beat).

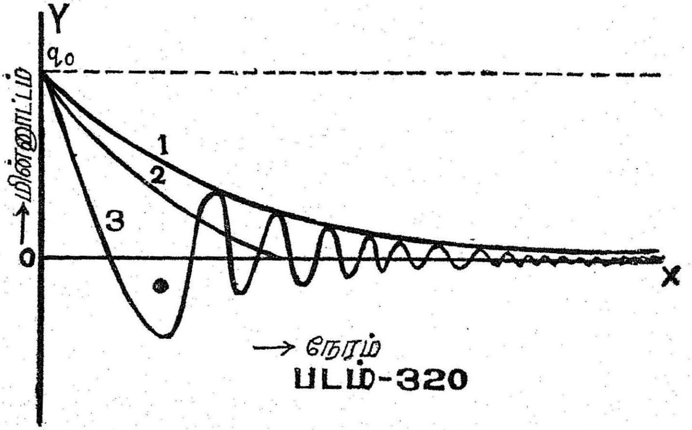
நிபந்தனை (ii) : $m^2 = n^2$ ஆக இருக்கும்பொழுது,

அதாவது $\frac{R^2}{4L^2} = \frac{1}{LC}$ ஆக இருக்கும்பொழுது,

$$q = \tfrac{1}{2} q_0 \, e^{-mt} \left[1 + \frac{m}{\sqrt{m^2-n^2}} + 1 - \frac{m}{\sqrt{m^2-n^2}} \right]$$

அல்லது $q = q_0 \, e^{-mt}$

மீண்டும், மின்னூட்டம் நேரத்தோடு எக்ஸ்போனென்சியல் முறையில் சிதைந்து படம் 320-ல் வளைகோடு (2)-ல் காட்டியபடி மீச்சிறு குறுகிய காலத்தில் சுழி மதிப்பை அடைகிறது, இம்



படம்-320

முறையில் மின்னிறக்கம் செய்யப்படுவது மாறு நிலைத் தடையூட்ட (critically damped) மின்னிறக்கம் எனச் சொல்லப்படுகின்றது. இன்றும் மின்னிறக்கம் அலைவு காட்டாததாக இருக்கின்றது.

நிபந்தனை (iii): $m^2 < n^2$ ஆக இருக்கும்பொழுது, அதாவது $\frac{R^2}{4L^2} < \frac{1}{LC}$ ஆக இருக்கும் பொழுது, $\sqrt{m^2 - n^2}$ எண் கற்பனையாகின்றது.

எனவே,

$$\sqrt{m^2-n^2} = \sqrt{(-1)(n^2-m^2)} = i\sqrt{n^2-m^2}.$$

சமன்பாடு (8) கீழ்க்காணும் அமைப்பைப் பெறுகின்றது.

$$q = q_0 e^{-mt}\left(\frac{e^{i\sqrt{n^2-m^2}.\, t} + e^{-i\sqrt{n^2-m^2}.\, t}}{2}\right)$$

$$+ q_0 e^{-mt}\left(\frac{m}{\sqrt{n^2-m^2}}\right)\left(\frac{e^{i\sqrt{n^2-m^2}.\, t} - e^{-i\sqrt{n^2-m^2}.\, t}}{2i}\right)$$

$$= q_0 e^{-mt}\left(\cos\sqrt{n^2-m^2}.\, t + \frac{m}{\sqrt{n^2-m^2}}\sin\sqrt{n^2-m^2}.\, t\right)$$

$$= q_0 e^{-mt}\left(\cos\sqrt{n^2-m^2}.\, t + \tan\theta\sin\sqrt{n^2-m^2}.\, t\right)$$

இங்கே, $\tan\theta = \frac{m}{\sqrt{n^2-m^2}}$ என்று மதிப்பிடப்பட்டுள்ளது.

இதைச் சுருக்குமிடத்து, கீழ்க்கண்ட அமைப்பைப் பெறுகின்றது.

$$q = q_0 \frac{n e^{-mt}}{\sqrt{n^2-m^2}} \cos(\sqrt{n^2-m^2}.\, t - \theta) \qquad (9)$$

மேலே கொடுக்கப்பட்டுள்ள சமன்பாட்டைப் பகுக்கின், மின் சுற்றில் மின்னோட்டத்தை எந்தவொரு கணம் 't' யிலும் பெறலாம்.

$$i = \frac{dq}{dt}$$

$$= q_0 \frac{n^2 e^{-mt}}{\sqrt{n^2-m^2}} \sin(\sqrt{n^2-m^2}.\, t - \theta)$$

மின்தேக்கியில் மின் இறக்கம், சமன்பாடு (9)-ல் குறிக்கப்பட்டபடி, தடையுறு அலைவு இறக்கமாகும். (damped oscillatory discharge) இது படம் 320-ல் வளைகோடு (3) ஆல் காட்டப்பட்டுள்ளது. வீச்சைக் குறிக்கும் எண்ணில் எக்ஸ்போனென்சியல் காரணி இருப்பதால், அலைவு மிக அதிகமாகத் தடையுறுகின்றது.

மின் சுற்றின் மின் தடையை, மின் நிலைம எண் 'L' உடன் ஒப்பிடும்பொழுது, மிகக் குறைவாக இருந்தால், $\frac{R}{4L^2}$ என்ற

எண்ணை, $\frac{1}{LC}$ உடன் ஒப்பிடும்பொழுது, ஒதுக்கிவிடலாம்.

இதனுல் மின்னிறக்கத்தைக் குறிக்கும் சமன்பாடு, கீழ்க் காணும் எளிய முறைக்குக் குறைக்கப்படுகிறது.

$$q = q_0 \cos \frac{t}{\sqrt{LC}} \qquad \ldots \qquad \ldots \qquad (10)$$

சமன்பாடு (10), வீச்சுக் குறையாத, சீரிசை மின்னிறக்கத்தைக் குறிக்கின்றது (simple harmonic discharge). அவ்வகை மின்னிறக்கம், அலைவு உடைத்தாகச் சொல்லப்படுகின்றது. அவ் வகை அலைவுகள் சீரிசை யுடையவை.

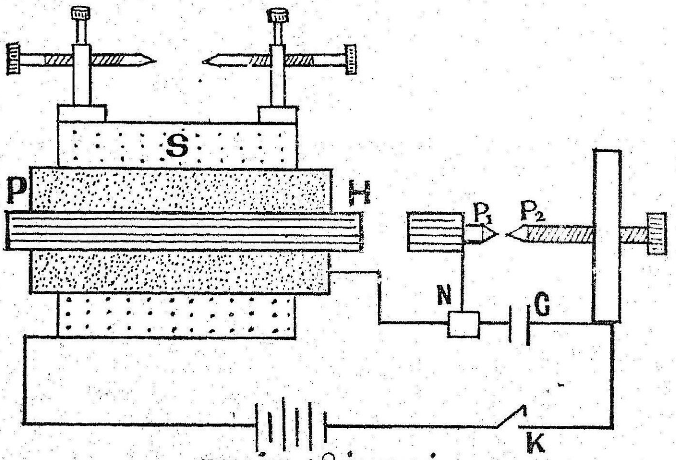
தூண்டு மின்சுருள் அல்லது ரம்கா:ப் மின்சுருள்

(Induction Coil:- Ruhmkorff's Coil)

தாழ்ந்த மின்னழுத்தம் கொண்ட, வலிமை மிக்க நேர்த்திசை மின்னோட்டத்தை, அதிக மின் அழுத்தமுள்ள இடைவிட்டு இயங்கும் (intermittent) மின்னோட்டமாக மாற்றும் ஒரு கருவியே தூண்டு மின் சுருளாகும். இணைப்புக் குறி எண், மதிப்பு மிக அதிகம் கொண்ட ஒன்றுடன் மற்ருென்று, காந்த முறையில் இணைக்கப்பட்ட, இரு சுருள்களுக்கிடையேயுள்ள, பரிமாற்று மின் தூண்டலின் தத்துவத்தில் இக் கருவி செயல்படுகின்றது. இரும்பு உள்ளகத்தின்மேல் சுற்றப்பட்ட ஒரு முதன்மைச் சுருள் P, P-யின் மேல் சுற்றப்பட்ட ஒரு துணைச் சுருள் S, ஒரு மூடு-திற (a make and break device) கருவி அல்லது இடையீடு கருவி (interrupter), ஒரு மின் தேக்கி C, இவைகளைத் தூண்டு மின் சுருள் தன்னகத்தே கொண்டுள்ளது (படம் 321).

வல்கனைட் (vulcanite) மேற்பரப்பில் சுற்றப்பட்ட, தடித்த, காப்பிட்ட சில சுற்றுகளைக் கொண்ட, தாமிரக் கம்பிச் சுருளே முதன்மைச் சுருளாகும் (primary coil). முதன்மைச் சுருளின் மின் தடை குறைவாக இருப்பதால், 6 வோல்ட்டுகள் கொண்ட, ஒரு குறை மின்னழுத்த மின்கல அடுக்கின் (low tension battery), முனைகளோடு, அதைச் சேர்த்து, வலிமை மின்னோட்டத்தை அதன் வழியாகச் செலுத்தலாம். முதன்மை மின்னோட்டத்தினுல் வெளிப்படும், காந்தப் புலத்தின் வலிமையை அதிகரிக்க, முதன்மைச் சுருள் சுற்றப்பட்ட குழாயின் உட்பாகத்தில், நேராக உள்ள தேனிரும்புக் கம்பிகள் கத்தையைப் போன்று (bundle)

ஒன்றாகக் கட்டப்பட்டுள்ளன. இக் கத்தை தூண்டுச் சுருளின் உள்ளகமாகின்றது. சுழி மின்னோட்டத்தினால் விளையும், ஆற்றல் இழப்பை உள்ளகத்தில் குறைப்பதற்காக, அத் தேனிரும்புக் கம்பிகள் ஒன்றுக்கொன்று மின் தொடர்பில்லாமல் ஷெல்லாக் (shellac) காப்பிடப்பட்டிருக்கின்றன. முதன்மைச் சுருளின்மேல் ஒரு வல்கனைட் குழாய் சூழப்பட்டிருக்கின்றது. துணைச் சுருள் அந்த வல்கனைட் குழாயின்மேல் சுற்றப்பட்டு, முதன்மைச் சுருளோடு காப்பிடப்பட்டிருக்கின்றது. துணைச் சுருளானது, மிக மெல்லிய காப்பிடப்பட்ட அதிக எண்ணிக்கைச் சுற்றுகளை பல அடுக்குகளாகச் சுற்றப்பட்டுள்ள ஒரு சுருளாகும். சுற்றுகளின் ஓரடுக்கு மற்றொரு அடுக்கிலிருந்து முழுமையாகக் காப்பிடப்பட்டிருக்கின்றது. துணைச் சுருளின் மின் தடை மிக அதிகமாகும்.



தூண்டு மின் சுருள்

படம்-321

வல்கனைட்டிலிருந்து துணைச் சுருளின் முனைகள் வெளியே எடுக்கப்பட்டு, இரு வெண்கலத் தண்டுகளுடன் இணைக்கப் பட்டுள்ளன. அவ்விரு தண்டுகளும், கருவியின் உச்சியில், அளவை மாற்றியமைத்துக் கொள்ளக்கூடிய பொறி இடை வெளியைக் கொண்டுள்ளன.

ஒரு வினாடிக்குப் பல தடவை, முதன்மைச் சுற்றை மூடித் திறக்க, ஓர் எந்திர இடையீடு கருவி (interrupter) பயன்படுத்தப்படுகிறது. ஒரு சுருள் கம்பி N-ன் உச்சியில் ஒரு தேனிரும்பு முகப்பு (head) H வைக்கப்பட்டிருக்கின்றது. H-ன் பின் பரப்பில், ஒரு

பிளாட்டினம் குறிமுள் P_1 (pointer) சேர்க்கப்பட்டுள்ளது. இவ்வமைப்பே இடையீடு கருவியாகும். மற்றொரு பிளாட்டினக் குறிமுள் P_2வைத் தனது நுனியில் கொண்டுள்ள, ஒரு திருகு, ஒரு வெண்கலத் தூணுடன் சேர்க்கப்பட்டுள்ளது. மிக அதிக மின் தேக்கு திறன் கொண்ட ஒரு மின் தேக்கி C, இடையீடு கருவியின் பிளாட்டினக் குறி முட்களுக்கிடையேயுள்ள, இடைவெளியின் குறுக்கே (across) சேர்க்கப்பட்டுள்ளது. இடையீடு கருவியின் இரு பிளாட்டினக் குறிமுட்களையும், தொடர்புபடுத்தி, முதன்மைச் சுற்றை மூடும்பொழுது, அதன் தேனிரும்பு உள்ளகம் காந்தமடைந்து, அது தேனிரும்பு முகப்பு H-ஐக் கவர்கின்றது. எனவே, இவ்வமயம் பிளாட்டினக் குறிமுட்களுக்கிடையே இடைவெளி ஏற்படுகிறது. இதனால் முதன்மைச் சுற்று திறக்கப்படுகிறது. இதன் விளைவாகத் தேனிரும்பு உள்ளகம் காந்தம் நீக்கம் பெறுகிறது. எனவே, முகப்பு H தொடக்க நிலைக்கு வந்து, மீண்டும் பிளாட்டினக் குறிமுட்களைத் தொடர்புபடுத்துகின்றது. இதனால் மறுபடியும் முதன்மைச் சுற்று மூடப்படுகிறது. இம் முறையில் முதன்மைச் சுற்று, தொடர்ச்சியாக, தானாக மாறி மாறி மூடித் திறந்துகொள்கின்றது.

முதன்மைச் சுற்று மூடப்படும்பொழுது, தேனிரும்பு உள்ளகத்தில், ஒரு காந்தப் பாயம் ஏற்படுகிறது. இக் காந்தப் பாயம், துணைச் சுருளின் எல்லாச் சுற்றுகளோடும், தொடர்புகொண்டிருப்பதால், ஓர் எதிர் மின்னியக்கு விசை (inverse e. m. f.) துணைச் சுருளில் தூண்டப்படுகிறது. இது மூடும்பொழுது, தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசை (induced e. m. f. at make) என அழைக்கப்படுகிறது. முதன்மைச் சுற்றைத் திறக்கும்பொழுது, அதன் உள்ளகத்தில் ஏற்படுத்தப்பட்ட காந்தப்பாயமானது, முடிவில், துணைச் சுருளில், நேர்திசை மின்னியக்கு விசையை, ஏற்படுத்தி மறைகிறது. இது திறக்கும்பொழுது, தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசை என (the induced e. m. f. at break) அழைக்கப்படுகிறது. இவ்வாறு முதன்மைச் சுற்று, மாறி, மாறி மூடித் திறந்துகொள்ளும் பொழுது, துணைச் சுருளில், தூண்டு மின்னியக்கு விசைகள் எதிர்த் திசைகளில் ஏற்படுத்தப்படுகின்றன.

சுற்றை மூடும்பொழுது, முதன்மைச் சுற்றின் மின் நிலைம எண் அதிகமாக இருக்கும்பொழுது, அதன் மின் தடை குறைவாக இருப்பதால், நேர மாறிலி $\frac{L}{R}$ அதிகமாக இருக்கின்றது. சுற்றைத் திறக்கும்பொழுது, இரு பிளாட்டினக் குறிமுட்களுக்கிடையே காற்று இடைவெளி ஏற்படுவதால் முதன்மைச் சுற்றின் மின் தடை அதிக

மாக இருக்கின்றது. அதன் மின் மின் நிலைம எண், மின் தடையோடு ஒப்பிடும்பொழுது, சிறியதாக இருக்கின்றது. எனவே, நேர மாறிலி $\frac{L}{R}$ மிகச் சிறியதாக இருக்கின்றது. இது முதன்மை மின்னோட்டம் வளர்ச்சியடைவதைக்காட்டிலும் அது மிக வேகமாக அழிவதைக் காட்டுகின்றது. இதனால் சுற்றுத் திறக்கப்படும்பொழுது, தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசை, மூடும்பொழுது தூண்டப்பட்ட மின்னியக்கு விசையைவிட மிக அதிகமாக இருக்கின்றது.

முதன்மைச் சுற்று திறக்கப்படும்பொழுது, முதன்மைச் சுருளின் தன்மின் நிலைம எண், ஒரு நேர்த் திசைத் தூண்டு மின்னியக்கு விசையை, முதன்மைச் சுற்றில் ஏற்படுத்துகின்றது. இரு பிளாட்டினக் குறிமுட்களுக்கிடையே, ஒரு வலிமை மிக்க மின் பொறியை ஏற்படுத்தும் அளவுக்கு, முதன்மைச் சுற்றின் இந்தத் தூண்டு மின்னியக்கு விசை அதிகமாக அமைந்துள்ளது. முடிவில், அவை இரண்டும் சிதைவுறுகின்றன. மேலும், முதன்மைச் சுற்றின் தன் தூண்டு மின்னியக்கு விசை, உள்ளகத்தின் காந்தப் பாயம், விரைவாக மறைவத்த் தடைசெய்கின்றது. இக் குறை பாட்டைத் தடுப்பதற்காக, இடையீடு கருவியின், பொறி இடை வெளியுடன் ஒரு பெரிய மின் தேக்கி, பக்க இணைப்பில் சேர்க்கப் பட்டுள்ளது. அம் மின் தேக்கி, பாரஃபின் (parafined) பூசப்பட்ட, தாளினால் பிரிக்கப்பட்ட, டின் தகடுகளால் உண்டாக்கப்பட்ட தாகும். முதன்மைச் சுற்றைத் திறக்கும்பொழுது, அதன் தன் மின் தூண்டலினால் ஏற்படும், மின்னியக்கு விசை, பிளாட்டினம் குறி முள்களுக்கிடையே, மின் பொறியை ஏற்படுத்துவதற்குப் பதிலாக மின் தேக்கியை, மின்னூட்டப் பயன்படுத்தப்படுத்துகின்றது. இதன் விளைவாக முதன்மைச் சுற்றின் மின்னோட்டம், சுழிமதிப் பிற்கு விரைவாக விழுகின்றது. பின்னால், மின்னூட்டம் பெற்ற மின் தேக்கி, முதன்மைச் சுருளின் வழியாக மின்னிறக்கம் செய்யும் பொழுது, முதன்மைச் சுருளின் வழியாக ஒரு மின்னோட்டத்தை, மின்கல அடுக்கின் மின்னோட்டத்திற்கெதிராக ஏற்படுத்து கின்றது. இது முதன்மை மின்னோட்ட அழிவு வீதத்தை அதிகப் படுத்துகின்றது. எனவே, முதன்மைச் சுற்றைத் திறக்கும்பொழுது துணைச் சுருளில் தூண்டு மின்னியக்கு விசையை அதிகப்படுத்து கின்றது. இங்ஙனம், இடையீடு கருவியின் பொறி இடை வெளிக்குக் குறுக்காகச் சேர்க்கப்பட்ட மின் தேக்கி பிளாட்டினக் குறி முட்களை, தேய்விலிருந்து தடுப்பதுமட்டுமல்லாமல், மின் தேக்கி இல்லாதபொழுது, கிடைக்கும் துணை மின்னழுத்தத்தைப் போல்,மின் தேக்கி இருக்கும்பொழுது, கிடைக்கும் துணை மின்ன ழுத்தத்தை ஏறத்தாழ இரு மடங்காக்குகின்றது.

துணைச் சுருளின் நுனிகளோடு சேர்க்கப்பட்ட முனைத் தண்டுகளுக்கிடையேயுள்ள (terminal rods) மின் பொறி இடைவெளி அகலம் சிறியதாக இருப்பதால், முதன்மைச் சுற்றை மூடும் பொழுதும், திறக்கும்பொழுதும் எதிர்த் திசைகளில் இடைவிட்டு விட்டு, முனைத் தண்டுகளுக்கிடையே மின் பொறி செலுத்தப்படுகிறது. இவ்வாறு துணைச் சுருளில் ஒரு மாறு திசை மின்னோட்டம் ஏற்படுகின்றது. மின் சுற்றைத் திறக்கும்பொழுதுமட்டும் (மின் சுற்றை மூடும்பொழுதில்லாமல்), தூண்டு மின்னழுத்தம், ஒரு மின் பொறியை இடைவெளியின் குறுக்காகச் செலுத்துமாறு, இடைவெளியின் அகலத்தைச் சரிசெய்தால், துணைச் சுருளில் இடை, விட்டு விட்டு, ஒரே திசை மின்னோட்டம் ஏற்படுகின்றது.

முதன்மைச் சுருளின் சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை, துணைச் சுருளின் சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை, முதன்மைச் சுருளின் குறுக்கு வெட்டுப் பரப்பு இவைகளை அதிகரித்தும், முதன்மை மின்னோட்டத்தின் இடையீடு அதிர்வெண்ணை அதிகரித்தும், உள்ளகத்தில், அதிக உட்புகுதிறன் கொண்ட பொருளை உபயோகித்தும், துணைச் சுருளின் தூண்டு மின்னழுத்த அளவெண்ணை அதிகரிக்கலாம்.

தூண்டு மின் சுருளின் பயன்கள்:

(1) X கதிர் பல்புகளில் X – கதிர்களை உண்டாக்குவதற்கும்,

(2) காற்று நீக்கப்பட்ட வாயுக்களின் வழியாக மின்சார மின்னிறக்கத்தை அறிவதற்கும்,

(3) மின்னிறக்கக் குழாயில், தாழ் மின்னழுத்தத்தில், வெண் சுடர் வாயுக்கள், ஆவிகள் இவைகளின் நிறமாலைகளை ஏற்படுத்துவதற்கும்,

(4) சில இரசாயனச் சோதனைகளில் மின் பொறி உண்டாக்கவும் பயன்படுத்தப்படுகின்றது.

செய்முறைப் பயிற்சி

1. 1000 சுற்றுகளும் 30 செ.மீ. நீளமும் 10 ச.செ.மீ. குறுக்குப் பரப்பும் கொண்ட ஒரு வரிச் சுருள் மாறுத உட்புகு திறன் (permiability) 750 கொண்ட ஓர் உள்ளகத்தின் (core) மேல் சுற்றப்பட்டுள்ளது. அதன் நடுவில் 500 சுற்றுகள் கொண்ட ஒரு சிறு துணைச் சுருள் சுற்றப்பட்டுள்ளது. வரிச் சுற்றின் தன் மின் நிலைம எண்ணையும், (self–inductance) இரு சுருள்களுக்கு இடையே

உள்ள பரிமாற்றுத் தூண்டல் (mutual inductance) எண்ணையும் கண்டுபிடி.

அதன் வழியாக 1 தனி அலகு மின்னோட்டம் பாயும்போது, வரிச்சுருள் உட்பக்கம் ஏற்படும் புலம் $= \frac{4\pi \times 1000}{30}$

ஒரு தனி அலகு மின்னோட்டத்தால் அதற்கு ஏற்படும் பாயத் தொடர்பு

$$\text{(flux linkage)} = \frac{4\pi \times 1000}{30} \times 750 \times 10 \times 1000$$

ஆகவே, தன் தூண்டல் $= \frac{4\pi \times 1000 \times 750 \times 10 \times 1000}{30}$

ஆகவே, தன் மின்நிலைம எண் $= \frac{4\pi \times 1000 \times 750 \times 10 \times 1000}{30 \times 10^9}$

$= 3 \cdot 141$ ஹென்ட்ரிகள்.

முதன்மைச் சுற்றில் ஓடும் 1 அலகு மின்னோட்டத்தால் துணைச் சுற்றில் ஏற்படும் பாயத் தொடர்பு (flux linkage)

$$= \frac{4\pi \times 1000 \times 750 \times 10 \times 500}{30}$$

ஆகவே, பரிமாற்றுத் தூண்டல் எண் $= \frac{4\pi \times 1000 \times 750 \times 10 \times 500}{30 \times 20^9}$

$= 1 \cdot 571$ ஹென்ட்ரிகள்.

2. 1 மைக்கோ பாரடு மின் தேக்கு திறன் கொண்ட ஒரு மின் தேக்கி, ஓர் உயர் அளவு மின்தடை யோடும் (high resistance) 6 வோல்ட்டு மின் கலந்தோடும் தொடராக இணைக்கப்பட்டுள்ளது. 100 விநாடிகளுக்குப் பின் மின் தேக்கியின் அழுத்த வேறுபாடு 4 வோல்ட்டு. உயர் அளவு மின் தடையின் அளவைக் கணக்கிடு.

$$Q = Q_o \left(1 - e^{-t/CR} \right)$$

C-ஆல் வகுக்கும்போது,

$$V = V_o \left(1 - e^{-t/CR} \right)$$

ஆகவே,

$$4 = 6 \left(1 - e^{\frac{-100}{R.\ 10^{-6}}}\right)$$

$$(i.e.) \quad 2 = 6 \ e^{-\frac{100}{R.\ 10^{-6}}}$$

$$(i.e.) \quad \tfrac{1}{3} = e^{-\frac{100}{R.\ 10^{-6}}}$$

$$(or) \quad e^{\frac{-100}{R\ 10^{-6}}} = \tfrac{1}{3}$$

$$(or) \quad e^{\frac{-10^8}{R}} = \tfrac{1}{3}$$

$$e^{\frac{-10^8}{R}} = 3$$

$$\frac{10^8}{R} = \log_e 3$$

$$= 2{\cdot}303 \times \log_{10} 3$$

$$\therefore R = \frac{10^8}{2{\cdot}303 \times \log_{10} 3}$$

$$= \frac{10^8}{2{\cdot}303 \times 0{\cdot}4771}$$

$= 9{\cdot}101 \times 10^7$ ஓம்கள்

$= 91{\cdot}01$ மெகா ஓம்கள்

(3) $0{\cdot}01 \mu F$ மின் தேக்கு திறன் கொண்ட ஒரு மின் தேக்கி, 1000 ஓம் மின் தடையும், 10 மில்லி ஹென்ட்ரியும் கொண்ட ஒரு மின் நிலைமம் (inductance) வழியாக மின்னிறக்குகிறது. அலைவின் அதிர்வு எண்ணைக் கண்டுபிடி.

அதிர்வுகள் நிறுத்தப்படும் நொடியில் (விநாடியில்) மின் சுற்றில் இணைக்கப்படவேண்டிய சேர்ப்பு மின் தடை எவ்வளவு?

$$\text{அதிர்வெண்} = \frac{\sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}}}{2\pi}$$

$$= \sqrt{\frac{1}{10 \times 10^{-3} \times 0.01 \times 10^{-6}}}$$

$$= \frac{\sqrt{10^{10} - \frac{10^{10}}{4}}}{2\pi}$$

$$= \frac{10^5}{2\pi} \sqrt{\left(1 - \frac{1}{4}\right)}$$

$$= \frac{10^5}{4\pi} \cdot \sqrt{3}$$

= 13780 சுற்று/வினாடி.

அலைவுகள் நிறுத்தப்படும் நொடியில்,

$$R = \sqrt{\frac{4L}{C}}$$

$$= \sqrt{\frac{4 \times 10 \times 10^{-3}}{0.01 \times 10^{-6}}}$$

= 2000 ஓம்கள்

(4) ஒரு டைனமோவில் 15" நீளம் கொண்ட ஒரு கடத்தி, 90,000 வரிகள்/ச.அ. (lines/square inch) கொண்ட ஒரு காந்தப் புலத்தை 600 அடி/நிமிடம் வேகத்தில் வெட்டுகிறது. எனவே, அதன் இரு முனைகளுக்கு இடையே உள்ள மின்னியக்கு விசையைக் கணக்கிடுக.

$$\text{கடத்தியின் வேகம்} = \frac{1}{60}(600 \times 12)$$

= 120 அங்./வினாடி.

இரு முனைகளுக்கு இடையே உள்ள மின்னியக்கு விசை = 1 வினாடியில் கடத்தி வெட்டும் பாயத் தொடர்பு.

ஆகவே மின்னியக்க விசை = 1 வினாடியில் கடத்தி வெட்டும் பாயத் தொடர்பு.

ஆகவே மின்னியக்குவிசை = 15 × 90000 × 120 தனி அலகுகள்

$$= \frac{15 \times 90000 \times 120}{10^8} \text{ வோல்ட்டுகள்}$$

= 162 வோல்ட்டு.

பயிற்சி

(1) 100 செ. மீ. விட்டம் கொண்ட ஒரு வட்ட உலோகத் தட்டு அதன் மையத்தின் வழியாகச் செல்லும் செங்குத்து அச்சிற்கு எதிராக நிமிடத்திற்கு 3000 சுற்றுகள் என்ற வேகத்தில் சுற்றப்படுகிறது. இந்த அச்சு காந்தத் துருவத் தளத்தில் அமைகிறது. ஆகவே தட்டின் மையப் புள்ளிக்கும் ஓரப் புள்ளிக்கும் இடையே உள்ள மின்னியக்கு விசையைக் கணக்கிடு.

[விடை : 0·001492 வோல்ட்டு]

(2) மின் காந்தத் தூண்டலின் லென்ஸ் (Lenz law) விதியை எடுத்துக் கூறு. ஒரு வரிச் சுருளின் தன் தூண்டல் எண்ணைக் கணக்கிடு.

ஒரு தூண்டு மின் சுருளையும் (induction coil) அதன் பயனையும் பற்றி ஒரு குறிப்பு வரை. (ஏப்ரல், 1961)

(3) தன் மின் நிலைம எண், பரிமாற்றுத் தூண்டல் எண் இணைப்புக் குறி எண் (coefft. of coupling) இவைகளை வரையறு. ஒரு கம்பிச் சுருளின் தன் தூண்டலை அளத்திற்கு உரிய ஒரு முறையை விளக்கு. (செப். 1961), (ஏப். 1965)

(4) இரண்டு கம்பிச் சுருள்களுக்கு இடையே உள்ள பரிமாற்றுத் தூண்டல் எண்ணைக் கண்டுபிடிக்க உதவும் ஒரு முறையில் போதிய கொள்கையுடன் விளக்கு. (செப். 1964, ஏப். 1966)

(5) ஒரு தூண்டு மின் சுருளின் அமைப்பு, வேலைசெய்யும் விதம் இவைகளை விளக்கு. ஒரு மின் தேக்கி வேலை செய்யும் முறையை விளக்கு. (செப். 1965)

(6) மின் காந்தத் தூண்டல் விதிகளை எடுத்துக் கூறி அவைகளை நிரூபிக்க ஒரு பரிசோதனையை விளக்கு. ஒரு மின் சுற்றில் தூண்டல் வினையால் ஏற்படும் தூண்டல் மின்னியக்கு விசையையும், மின்னோட்ட அளவையும் கணக்கிடு. (செப். 1967)

(7) 5 செ.மீ. ஆரமும், 1 மீட்டர் நீளமும் உள்ள ஒரு வரிச் சுற்று 1000 சுற்றுகளை (turns) கொண்டுள்ளது. அதனுடைய மையத்தில் (centre) 500 சுற்றுகளைக் கொண்ட ஒரு துணைச் சுருள் (secondary coil) சுற்றப்பட்டுள்ளது. வரிச் சுருளின் பரிமாற்றுத் தூண்டல் எண்ணைக் கண்டுபிடி (mutual induction).

(செப். 1964)

(8) ஒரு தூண்டு மின் சுருளின் (induction coil) பரிமாற்றுத் தூண்டல் எண் (coefficient of mutual induction) 10^8 *C. G. S.* அலகுகள் அதன் முதன்மைச் சுற்றில் 5 ஆம்பியர் அளவுள்ள மின் ஓட்டும் $\frac{1}{2000}$ விநாடியில் துண்டிக்கப்பட்டால் (crit. off), துணைச் சுற்றின் முனைகளுக்கு இடையில் (terminals) ஏற்படும் மின்னியக்கு விசையை வோல்ட்டுகளில் கணக்கிடு. (செப். 1965)

(9) 30 செ. மீ. நீளமும், 10 ச. செ. மீ. குறுக்கு வெட்டுப் பரப்பும், 500 சுற்றுகளும் கொண்ட ஒரு வரிச் சுற்று உட்புகு திறன் (permiability) 700 கொண்ட உள்ளகத்தின்மீது சுற்றப் பட்டுள்ளது. அந்தச் சுற்றின் தன் மின் நிலைம எண்ணைக் (self inductance) கண்டுபிடி. (ஏப், 1967)

(10) 16 செ. மீ. நீளமும், 10 ச. செ. மீ. குறுக்கு வெட்டுப் பரப்பும் கொண்ட ஒரு வரிச் சுற்று 1289 சுற்றுகளைக் கொண்டுள்ளது. 100 சுற்றுகளைக் கொண்ட மற்றொரு கம்பிச் சுருள் வரிச்சுற்றின் மத்திய பாகத்தில் நெருக்கமாகச் சுற்றப் பட்டுள்ளது. வரிச் சுருளின் தன் தூண்டல் எண்ணையும், இரு சுருள்களுக்கும் இடையே ஏற்படும் பரிமாற்றுத் தூண்டல் எண்ணை யும் ஹென்ட்ரியில் கணக்கிடு. (செப். 1968)

(11) ஒரு தூண்டு மின் சுருளின் (induction coil) முதன்மைச் சுற்றில் (primary) 5 ஆம்பியர் மின்னோட்டம் $\frac{1}{100}$ விநாடிகளில் (sec.) துண்டிக்கப்பட்டால், துணைச் சுருளின் முனை களுக்கு இடையே ஏற்படும் மின்னியக்கு விசையை (*E. M. F.*) கணக்கிடு. [முதன்மைச் சுற்றுக்கும் துணைச் சுற்றுக்கும் இடையே உள்ள பரிமாற்றுத் தூண்டல் எண் 10 ஹென்ட்ரிகள்].

(செப். 1967)

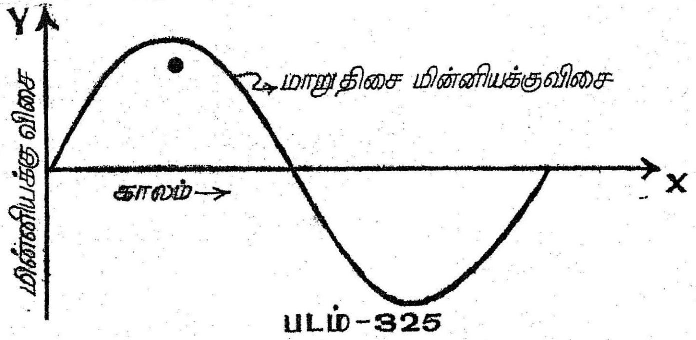
20. மாறுதிசை மின்னேட்டம்

(Alternating Current)

மாறுதிசை மின்னியக்கு விசை

(Alternating e.m.f.)

சீரான காந்த மண்டலத்தினுள் ஒரு சுருள் கம்பி, மாருத கோண வேகத்தில் (angular velocity) சுழலும்போது, அதனேடு தொடர்புடைய காந்தப் பாயம் (magnetic flux) மாறுகிறது. இது அந்தச் சுருளில் சீர் இசைவியக்கத்திற்கு (S.H.M.) ஏற்ப மாறுபடும் தூண்டு மின்னியக்கு விசையை (induced e.m.f.) உண்டாக்கும்; இது சுருளின் தளமானது மண்டலத்தின் தளத்திற்கு இணையாக இருக்கும்போது உயர்ந்த அளவுள்ளதாயும்,



படம்-325

செங்குத்தாக இருக்கும்போது தாழ்ந்த அளவுள்ளதாகச் சுழி நிலைக்கு வந்து விடுகிறது. சுழலும் கம்பியோடு தொடர்புடைய தூண்டு மின்னியக்கு விசை, சார்ந்திருக்கும் தன்மை வரை படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது. நேரத்திற்கு சைனுசாய்டலாக

(sinusodial) மாறுபடுவதால், அது மாறுதிசை மின்னியக்கு விசை என்று அழைக்கப்படுகிறது.

E என்பது ஒரு குறிப்பிட்ட நேரத்தின் மின்னியக்கு விசை எனக் கொண்டும், E_0 என்பதை மின்னியக்கு விசையின் பெரும மதிப்பாகவும் கொண்டால், கீழ்க்கண்ட சமன்பாட்டை எழுதலாம். $E = E_0 \sin wt$. இதில் w என்பது மாருத கோண வேகமாகும். wt என்பது மாறுதிசை மின்னியக்கு விசையின் கட்டம் (phase) என்று குறிப்பிடப்படுகிறது. மாறுதிசை மின்னியக்கு விசையின் காலத்தை $T = 2\pi/w$ என்ற சமன்பாட்டால் எழுதலாம். இதனுடைய மறுதலையானது மின்னியக்கு விசையின் அதிர்வெண் (frequency) எனப்படும். 'n' என்பதை அதிர்வெண்ணுகக் கொண்டால் $n = w/2\pi$ ஆகும். சுருள் கம்பியின் ஒரு முழுமையான சுழற்சியில், மின்னியக்கு விசை இரு திசைகளிலும் (+ve and −ve) எல்லாவிதமான மதிப்போடு சென்று வரும் முறை ஒரு சுற்று (cycle) என மதிப்பிடப்படுகிறது. ஆகவே, மாறுதிசை மின்னியக்கு விசை அதிர்வெண் (frequency of alternating e.m.f.) ஆனது, ஒரு விஞடி நேரத்தில் சுருள் கம்பி சுழலும் சுழற்சிகளால் கணக்கிடப்படுகிறது. பொதுவாக எல்லா நாடுகளிலும் 50 அதிர்வெண் கொண்ட மின் சக்தியைப் பயன்படுத்துகிருர்கள்.

மாறுபட்ட வோல்ட்டேஜ் ஒரு மின்சுற்றில் பயன்படுத்தப் படும்போது அதே அதிர்வெண் கொண்ட மின்ேேனாட்டம் (current) பாய்கிறது.

மாறுதிசை மின்னியக்கு விசை, மின்னேட்டத்தின் சராசரி மதிப்புகள்

(Mean values of Alternating e.m.f. & Current)

ஒரு மாறுதிசை மின்னேட்டத்தின் வோல்ட்டேஜை $E = E_0 \sin wt$ எனக் குறிக்கலாம். ஒரு முழுச் சுழற்சியில், மின்னியக்கு விசையின் ஒரு கணப்பொழுதின் மதிப்புகளின் (instantaneous values) கூட்டுத்தொகை சுழியாகும். நேர் எதிர் மதிப்புகள் சமச்சீர் (symmetrically) உடையனவாய், மின்னியக்கு விசையில் பகிர்ந்துகொள்கின்ற நிலையினலே மேற்கண்ட மதிப்புக்கு உள்ளாகின்றன.

ஆகவே, மாறுதிசை மின்னியக்கு விசையின் சராசரி மதிப்பு ஒரு பாதி சுழற்சிக்கு (காலத்திற்கு) மட்டும் கணக்கிடப்படுகிறது.

t என்னும் காலத்தில், மாறுதிசை மின்னேட்டத்தின் வோல்டேஜ் E என்க. அப்படியானுல்,

$$E = E_0 \sin wt.$$

$$\therefore \text{ சராசரி மதிப்பு } = \frac{2}{T}\int_0^{T/2} E_0 \sin wt\, dt.$$

$$= \frac{2}{T} E_0 \int_0^{T/2} \sin wt\, dt.$$

$$= \frac{2E_0}{T}\left[-\cos wt/w\right]_0^{T/2}$$

$$= \frac{2E_0}{Tw}\left[-\cos w\,T/2 + \cos O\right]$$

ஆனுல், $w = 2\pi/T.$

$$\therefore \text{ சராசரி மதிப்பு } = \frac{2E_0}{2\pi}\left[-\cos\frac{2\pi}{T}\cdot\frac{T}{2}+1\right]$$

$$= \frac{E_0}{\pi}\left[-\cos\pi + 1\right]$$

$$= \frac{E_0}{\pi}\left[+1+1\right]$$

$$= \frac{2E_0}{\pi}$$

சராசரி இருமடியின் இருமடி மூலத்தின் மதிப்பு (R. M. S. Value)

ஒரு கணத்தில் (அவ்வப்பொழுது) கிடைக்கும் மதிப்புகளின் இருமடிகளின் கூட்டுத் தொகையின் இருமடி மூலமானது, சராசரி இருமடியின் இருமடி மூலத்தின் மதிப்பு எனக் கொள்ளப்படுகிறது. இது ஒரு முழுமையான அல்லது பாதி சுழற்சியிலிருந்து எடுத்தாளப்படுகின்றது. ஏனென்ருல் எதிர் மதிப்புகளை இருமடி மூலப்படுத்தும்போது நேர் மதிப்புகளே வரும்.

$$E = E_0 \sin wt.$$

இதன் இருமடியின் மதிப்பு, $E^2 = E_o^2 \sin^2 wt.$

எனவே, வெவ்வேறு கணப்பொழுதின் வர்க்கங்களின் கூட்டுத்தொகை.

(ஒரு முழுச் சுழல் நேரத்தில்) $= \int_0^T E^2\, dt = \int_0^T E_o^2 \sin^2 wt\, dt.$

∴ சராசரி இருமடியின் மதிப்பானது

$$= \frac{1}{T}\int_0^T E_o^2 \sin^2 wt\; dt = \frac{E_o^2}{2T}\int_0^T (1 - \cos 2\, wt)\, dt$$

$$= \frac{E_0^2}{2T}\left[(t) - \frac{\sin 2wt}{2w} \right]_O^T$$

$$= \frac{E_0^2}{2T}\left[T - \frac{1}{2w}\left\{ \sin 2 \times \frac{2\pi}{T} \times T - \sin 0 \right\} \right]$$

$$= \frac{E_0^2}{2T}\left[T - \frac{1}{2w}\left\{ \sin 4\pi - \sin 0 \right\} \right]$$

$$= \frac{E_0^2}{2T}\left[T - \frac{1}{2w}\left\{ 0 - 0 \right\} \right]$$

$$= \tfrac{1}{2} E_0^2$$

ஆகவே, சராசரி இருமடி மூலத்தின் மதிப்பு $= \frac{E_0}{\sqrt{2}}$. இது போல மாறு திசை மின்னோட்டத்திற்கும் சராசரி இருமடி மூல மதிப்பானது $\frac{I_0}{\sqrt{2}}$.

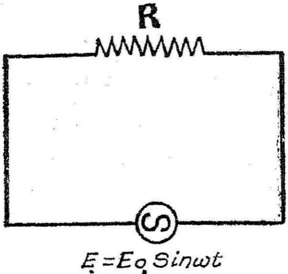
மாறுதிசை மின்னோட்ட மின்சுற்றுகள்
(A. C. Circuits)

தடை மின்சுற்று (circuit with resistance)

I என்பது ஒரு கணத்தில் ஏற்படும் மின்னோட்டம் என்க. ஓமின் விதிப்படி (Ohm's law),

$$I = \frac{E}{R} = \frac{E_0 \sin wt}{R}$$

இதில் R = மின்தடை (படம் 326).

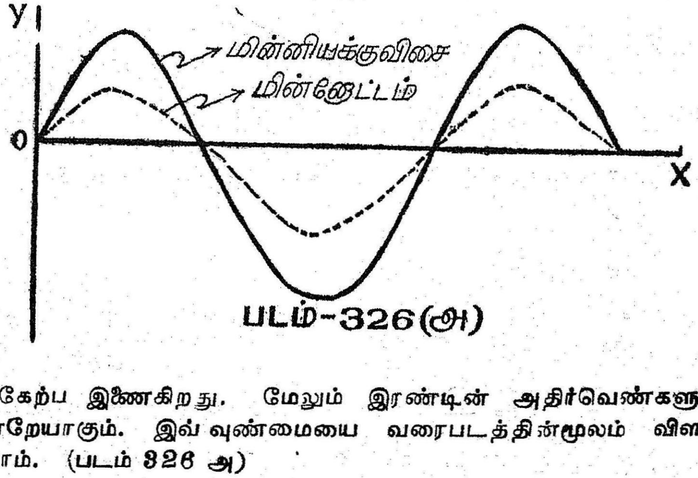


படம்-326

$\frac{E_0}{R} = I_0$ எனக் கொள்க. இதில் I_0 என்பது மின்னோட்டத்தின் பெரும மதிப்பாகும்.

$$\therefore \quad I = I_0 \sin wt.$$

எனவே, ஒரே கணத்தில் வோல்ட்டேஜும் மின்னோட்டமும் பெரும நிலையையோ அல்லது தாழ்ந்த நிலையையோ அடைகின்றன. அதாவது, மின்னோட்ட மாற்றமானது வோல்ட்டேஜின் மாற்றத்



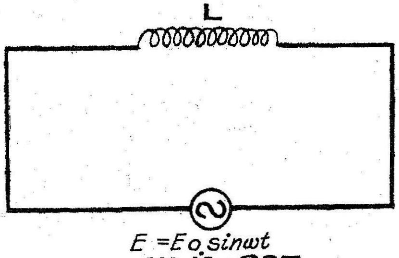
படம்-326(அ)

திற்கேற்ப இணைகிறது. மேலும் இரண்டின் அதிர்வெண்களும் ஒன்றேயாகும். இவ்வுண்மையை வரைபடத்தின்மூலம் விளக்கலாம். (படம் 326 அ)

மின் நிலைமம் மின்சுற்று

(Circuit with Inductance)

மின்சுற்றில் ஏற்படும் மின்னோட்டமானது கணத்திற்குக் கணம் மாறுபடுவதனால், செலுத்தப்படும் மின்னழுத்தத்தை எதிர்க்கும் தூண்டு மின்னியக்கு விசை ஏற்படுகிறது. ஒரு கணத்தில் செலுத்தப்படும் மின்னழுத்தம் (voltage) சுருள் கம்பியின் மின்தூண்டு இயக்குவிசைக்கு எதிராக உள்ளது (படம் 327). ஒரு கணத்தில் மின்னோட்ட மதிப்பு I என்றால், தூண்டு மின்னியக்கு விசை $= -L\frac{dI}{dt}$.



படம்-327

$$\therefore -L\frac{dI}{dt} = E.$$

$$\therefore dI = -\frac{E}{L}dt.$$

ஆனால், $E = E_0 \sin wt$ என அறிவோம்.

எனவே, $dI = -\frac{E_0}{L}\sin wt\, dt.$

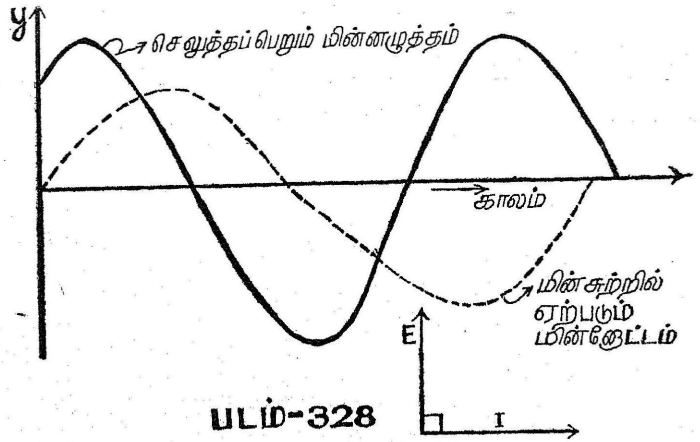
தொகுப்பின் (integrating), $\int dI = -\frac{E_0}{L}\int \sin wt\, dt.$

$$I = -\frac{E_0}{Lw}\cos wt.$$

$\cos wt = 1$ என்று இருக்கும்போது, மின்னோட்டத்தின் மதிப்பு பெரும நிலையை (I_0) அடைகிறது.

எனவே, $I_0 = \frac{E_0}{Lw}$, மின்னோட்டம் எப்போதும் எதிர்மறை ($-ve$) ஆக இருக்காது. எனவே — குறி விடப்பட்டது.

செலுத்தப்படுகின்ற மின்னழுத்தத்தின் மாறுபாடும், மின்னோட்டத்தின் மாறுபாடும் வரைபடம்மூலம் விளக்கப்பட்டுள்ளது (படம் 328). மின்னோட்டமானது செலுத்தப்படுகிற மின் அழுத்தத்தைவிட $\pi/2$ என்ற அளவில் பின்தங்கி இருக்கும். முன் கூறியபடி,



படம்-328

$I_0 = \frac{E_0}{Lw}$ · இதில் ஓமின் விதிப்படி பார்த்தால் $\left(I_0 = \frac{E_0'}{R}\right)$,

$Lw = R$; Lw என்பது மாறுமின் மறுப்பு (inductive resistance & reactance) என அழைக்கப்படுகிறது.

$\therefore$ மாறுமின் (மறுப்பு) $= Lw = 2\pi\, nL$ ($\because w = 2\pi\, n$)

மின் தேக்கு திறனுடன் கூடிய மின்சுற்று.

(Circuit with Capacitance)

ஒரு கணத்தில் கொடுக்கப்படுகின்ற மின் அழுத்தமானது மின் தேக்கின் (condenser) இரு தகடுகளின் இடையில் தோன்றும். ஒரு கணத்தில் மின் தேக்கிற்குக் கொடுக்கப்படும் மின்னூட்டம் (charge) Q என்க (படம் 329).

$\therefore \frac{Q}{C} E_0 \sin wt$. அல்லது $Q = CE_0 \sin + wt$. எனவே,

அக் கணத்தில் பாயும் மின்னோட்டம் $I = \frac{d(Q)}{dt}$.

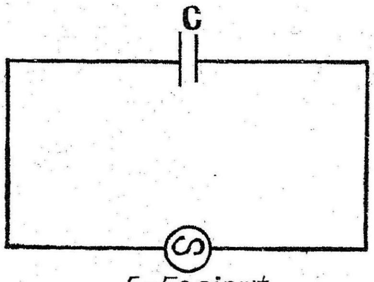
$$I = \frac{d}{dt}(CE_0 \sin wt)$$

$$I = CE_0\, w \cos wt.$$

அதாவது $I = \dfrac{E_0 \cos wt}{1/cw}$

$$= \frac{E_0}{R} \cos w \quad \text{(ஓமின் விதிப்படி)}$$

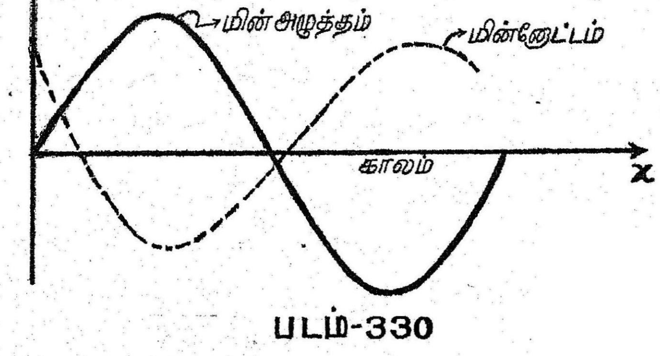
$\therefore\ R = \dfrac{1}{cw}$ என்பது மின்தேக்கியின் மாறுமின் எதிர்ப்பு (reactance of the condenser) ஆகும்.



படம்-329

மின்னோட்டத்தின் பெரும மதிப்பு $I_0 = \dfrac{E_0}{1/cw}$, இது $\cos\ wt = +1$ ஆக இருக்கும்போது ஏற்படும் மதிப்பாகும்.

மின்னோட்டத்தின் அதிர்வெண்ணும் கொடுக்கப்படுகின்ற மின் அழுத்தத்தின் அதிர்வெண்ணும் சமம். ஆனால் மின்னோட்ட



படம்-330

மானது கொடுக்கப்படுகின்ற மின்னியக்கு விசைக்கு $\pi/2$ கட்டத்தில் (phase) முன்னேக்கிச் செல்கிறது. இதனை ஒரு வரைபடம் மூலம் விளக்கலாம் (படம் 330).

மின்நிலைமம்-தடை தொடர் இணையாக உள்ள மின்சுற்று

(Circuit with Inductance and Resistance)

ஒரு கணத்தில் செலுத்தப்படும் மின்னழுத்த விசையானது ($E_0 \sin wt$). இதில் இரு வகைகளாகப் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. இதில் ஒரு பிரிவு பின் மின்னியக்கு விசைக்கும் (back e.m.f.), மறு பிரிவு தடையில் உண்டாகும் மின்னழுத்த இறக்கத்திற்கும் பயன் படுகின்றன. இதை $L\frac{dI}{dt} + RI = E_0 \sin wt$ என்ற சமன் பாட்டால் எழுதலாம். இதில் செலுத்தப்பெறும் மின் அழுத்தமானது $E = E_0 \sin wt$. மின் நிலைமத்தில் தடையேதும் இல்லை யெனில்,

$$I = \frac{E - \frac{di}{dt}}{R}$$

$$\therefore \quad E - wLI_0 \cos wt = IR$$

$$= I_0 \sin wt.\ R.$$

எனவே, $E = I_0 \sqrt{R^2 + w^2 L^2}$

$$\left[\frac{R}{\sqrt{R^2+w^2L^2}} \sin wt + \frac{Lw}{\sqrt{R^2+w^2L^2}} \cos wt\right]$$

$$\cos\phi = \frac{R}{\sqrt{R^2+w^2L^2}} \text{ எனவும் } \sin\phi = \frac{wL}{\sqrt{R^2+w^2L^2}}$$

எனவும் கொள்க.

$$\therefore \quad \tan\phi = wL/R.$$

ஆக, $E = I_0\sqrt{R^2+w^2L^2}\,[\sin w + \cos\phi + \cos wt \sin\phi]$

$$= I_0\sqrt{R^2w^2L^2}\ \sin(wt+\phi)$$

$(wt+\phi) = \pi/2$ ஆனால், $\sin(wt+\phi) = 1$ (பெரும மதிப்பு)

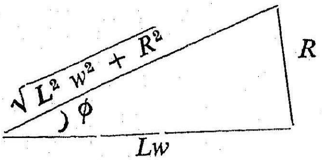
$\therefore \quad E = I_0\sqrt{R^2+L^2w^2}$ (பெரும மதிப்பு)

ஆனால் $I = I_0 \sin wt$

எனவே, மின்னோட்டமானது (I) மின் அழுத்தத்தைக்காட்டிலும் ϕ கட்டம் பின்தங்கியுளது. ϕ என்பது,

$$\phi = \tan^{-1} \frac{Lw}{R}$$

மேலும் $I_0 = \frac{E_0}{\sqrt{R^2 + w^2L^2}}$ என்பதனை ஓமின் விதிப்படி நோக்கின் $\sqrt{R^2+w^2L^2} = Z$ என்பது மின்தடையினைக் குறிக்கிறது. இதனைக் கூட்டு மின் எதிர்ப்பு (impedance) என்பர்.



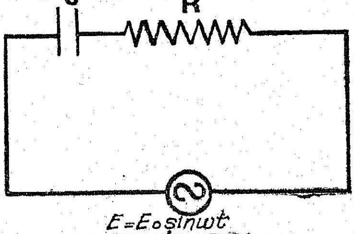
மின்தேக்கு-தடை தொடர் இணையாக உள்ள மின்சுற்று
(Circuit with Capacity and Resistance)

நாம் ஏற்கெனவே கண்டுள்ள முறைப்படி,

$$E = IR + Q|C.$$

மின் ஓட்டம்,

$I = I_0 \sin wt$ எனக் கொள்க (படம் 331).



படம்-331

ஆனால், $I = \frac{dQ}{dt} = I_0 \sin wt.$

$$\therefore \; Q = \int Idt.$$

$$= \int I_0 \sin wt.\, dt = I_0 \int \sin wt\, dt.$$

$$\therefore \quad Q = -\ \frac{I_0 \cos wt}{w}$$

$$\therefore \quad E = I_0\, R \sin wt - \frac{I_0}{Cw} \cos wt.$$

$$E = I_0 \sqrt{R^2 + \frac{1}{(Cw)^2}}\,.\ \sin (wt - \phi).$$

இதில், $\sin \phi = \dfrac{1/Cw}{\sqrt{R^2 + \dfrac{1}{(Cw)^2}}}$, $\cos \phi = \dfrac{R}{\sqrt{R^2 + \dfrac{1}{(Cw)^2}}}$

$$\tan \phi = \frac{\dfrac{1}{Cw}}{R.}$$

$(wt - \phi) = \pi/2$ என்னும்போது நாம் மின்னேட்டத்தின் பெரும மதிப்பைப் பெறுகிறோம். அது,

$$I_0 = \frac{E_0}{\sqrt{R^2 + \dfrac{1}{(Cw)^2}}} \text{ இதில்,}$$

$$Z = \sqrt{R^2 + \frac{1}{(Cw)^2}}$$

எனவே, $I_0 = E_0/Z$, Z என்பது மின் எதிர்ப்பைக் குறிக்கிறது.

$R = 0$ என்னும்போது,

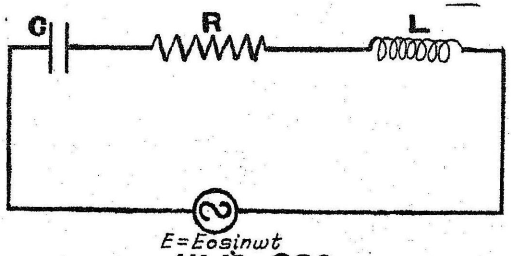
$$I_0 = \frac{E_0}{\dfrac{1}{Cw}}$$

ஓமின் விதிப்படி, நோக்கின், மின்தேக்கியில் மின் அழுத்த மாறுபாடு $\left(E_0 = I_0 \times \dfrac{1}{Cw}\right)$, மின்தேக்கு திறனுக்கும் (C), செலுத்தப்படும் மின் அழுத்தத்தின் அதிர்வெண் $(w = 2\pi f)$-க்கும் தலைகீழ் விகிதத்தில் இருக்கிறது.

மின்தடை, மின்நிலைமம், மின்தேக்கி தொடரிணையாக உள்ள மின்சுற்று

(Circuit with Inductance, Resistance and Capacity)

ஒரு கணத்தில் செலுத்தப்படும் மின் அழுத்தமானது கீழே கொடுக்கப்பட்டிருக்கும் 3 வகைகளில் பயன்படுத்தப்படுகிறது.



படம்-332

(1) பின் மின்னியக்கு விசை, (2) மின்தேக்கித் தகடுகளின் இடையில் ஏற்படும் மின்அழுத்தம், (3) தடையில் ஏற்படும் மின்னழுத்தம் ஆகிய இம் மூன்றிற்காகப் பயன்படுத்தப்படுகின்றது. எனவே, $L\frac{dI}{dt} + RI + \frac{Q}{C} = E_0 \sin wt$ எனப் பெறுகிறோம். இதனைப் பகுப்பின் (differentiating),

$$L\frac{d^2I}{dt^2} + R\frac{dI}{dt} + \frac{I}{C} = E_0 w \cos wt \quad \ldots \quad \ldots \quad (1)$$

$$\left(\because \frac{dQ}{dt} = I \right)$$

இதன் தீர்வை

$$I = I_0 \sin (wt - \phi) \text{ எனக் கொள்க.}$$

$$\therefore \frac{dI}{dt} = I_0 w \cos (wt - \phi).$$

$$\frac{d^2I}{dt^2} = -I_0 w^2 \sin (wt - \phi)$$

இதனை (1)-இல் பொருத்தினால்,

$$-LI_0w^2 \sin (wt - \phi) + RI_0 w \cos (wt - \phi).$$

$$+ \frac{I_0}{C} \sin (wt - \phi) = E_0 w \cos wt$$

$$= E_0 w \cos (wt - \phi + \phi).$$

$$= Ew_0 \left\{ \cos(wt-\phi)\cos\phi - \sin(wt-\phi)\sin\phi \right\}$$

இரு பக்கங்களிலும் cos $(wt-\phi)$, sin $(wt-\phi)$ குணகங்களைச் சமன் படுத்தினால், $I_0\left(\frac{1}{C} - Lw^2\right) = -E_0 w \sin\phi$.

$$I_0\left(Lw - \frac{1}{Cw}\right) = E_0 \sin\phi \quad \ldots \quad (2)$$

$$RI_0 w = E_0 w \cos\phi$$

அல்லது $RI_0 = E_0 \cos\phi$ ... ... (3)

(2), (3) களை இருமடி படுத்திக் (squaring) கூட்டினால்,

$$I_0^2\left[\left(Lw - \frac{1}{Cw}\right)^2 + R^2\right] = E_0^2.$$

அதாவது $$I_0 = \frac{E_0}{\sqrt{\left(Lw - \frac{1}{Cw}\right)^2 + R^2}}$$

$\sqrt{\left(Lw - \frac{1}{Cw}\right)^2 + R^2}$ என்பது மின்சுற்றின் கூட்டு மின் எதிர்ப்பு (impedence) ஆகும். $\sqrt{\left(Lw - \frac{1}{Cw}\right)^2}$ என்பது மாறுமின் எதிர்ப்பு ஆகும்.

(2)-ஐ (3)-ஆல் வகுப்பின், $\tan\phi = \dfrac{\left(Lw - \frac{1}{cw}\right)}{R}$

(a) $Lw > \frac{1}{cw}$ இருக்கும்போது, அதாவது மின்நிலைமத்தின் மாறு மின்னெதிர்ப்பு, மின்தேக்கியின் மாறு மின்னெதிர்ப்பைவிட அதிகமாக இருக்கும்போது, ϕ என்பது நேரானது $(+ve)$, அல்லது மின்னோட்டம் மின் அழுத்தத்திற்குப் பின்தங்கியுள்ளது.

(b) $Lw < \frac{1}{cw}$ என இருக்கும்போது, ϕ என்பது எதிரானது $(-ve)$, மின்னோட்டம் மின்னழுத்தத்திற்கு முன்னேக்கிச் செல்கிறது.

(c) $Lw = \frac{1}{cw}$ என்றால் மின்னோட்டமும், மின்னழுத்தமும் ஒரே கட்டத்தைக் கொண்டுள்ளன.

தொடர் இணை ஒத்திசை மின்சுற்று
(Series resonant circuit)

மேற்கூறியபடி, மின்னோட்டமானது,

$\overline{I} = \frac{\overline{E}}{\sqrt{\left(Lw - \frac{1}{cw}\right)^2 + R^2}}$ ஆகும். மின்னோட்டமானது மின்னழுத்தத்தைக்காட்டிலும் ϕ கட்டம் பின் செல்லுகிறது.

$$\tan \phi = Lw - \frac{1}{Cw} / R.$$

$Lw = \frac{1}{Cw}$ ஆகும்போது, $\overline{I} = \frac{\overline{E}}{R}$, $\phi = O.$

எனவே, மின்னோட்டம் தடையைப் பொறுத்ததாகும்—மாறு மின் எதிர்ப்பைப் பொறுத்தது அல்ல! இப்போது மின்சுற்று ஒத்திசை உள்ளது (circuit is said to be in resonance). இதற்குத் தேவையான சமன்பாடு $Lw = \frac{1}{Cw}$ அல்லது $w = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ ஆகையால் $\frac{w}{2\pi} = f$, மாறுதிசை மின்னோட்ட அதிர்வெண். ஆகவே, $\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ என்பது செலுத்தப்படும் அதிர்வெண்ணுக்குச் சமம். ஆனால், மின்னோட்டத்தில் தடையானது, சுழி மதிப்புள்ள மின் சுற்றில், இயல் அதிர்வெண் (natural frequency) $\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ ஆக இருக்கும்.

ஆகவே, ஒத்திசைக்குத் தேவையானது, செலுத்தப்படுகின்ற மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின் அதிர்வெண், சுற்றின் இயற்கை அதிர்வெண்ணிற்குச் சமமாய் இருக்கவேண்டும். எனவே, தொடரிணை ஒத்திசை மின்சுற்றில் கீழ்க்காணும் குணவியல்கள் சிறப்பிடம் பெறுகின்றன.

1. செலுத்தப்படுகின்ற மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின் அதிர்வெண்ணும், மின்சுற்றின் இயற்கை அதிர்வெண்ணும், சமமாக இருக்கும். இதைக் கணக்கியல் முறையில் $f = \frac{L}{2\pi\sqrt{LC}}$ சுற்றுகள்/வினாடி (cycles/sec.) எனக் குறிப்பிடலாம்.

2. மின்சுற்றின் மாறு மின் எதிர்ப்பு சுழியாகும்.

அதாவது $Lw - \frac{1}{Cw} = O.$

3. மின்னோட்டம் பெரும மதிப்பை அடைகிறது.

$$I_0 = \frac{E_0}{R}.$$

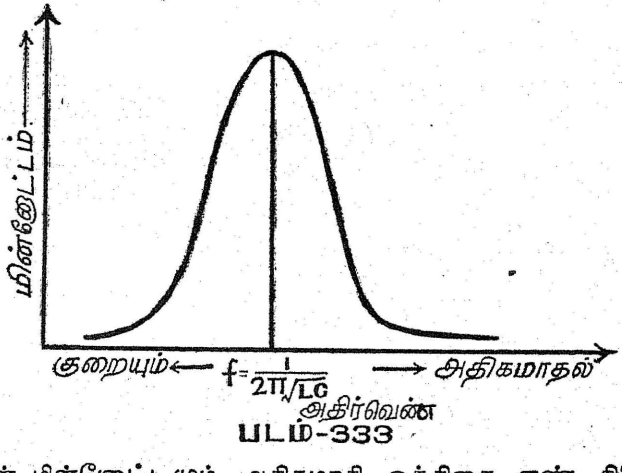
4. $\tan\phi = \frac{Lw - \frac{1}{Cw}}{R} = O$ [ஏனெனில் $Lw - \frac{1}{Cw} = O.$]

$\therefore \phi = O.$

அதாவது மின்னோட்டமும், மின்னழுத்தமும் எல்லாச் சமயங்களிலும் ஒரே கட்டத்தில் உள்ளன.

வரைபட விளக்கம்

செலுத்தப்படுகின்ற மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின் அதிர்வெண்ணது படிப்படியாக அதிகப்படுத்தப்படும்போது, மின்

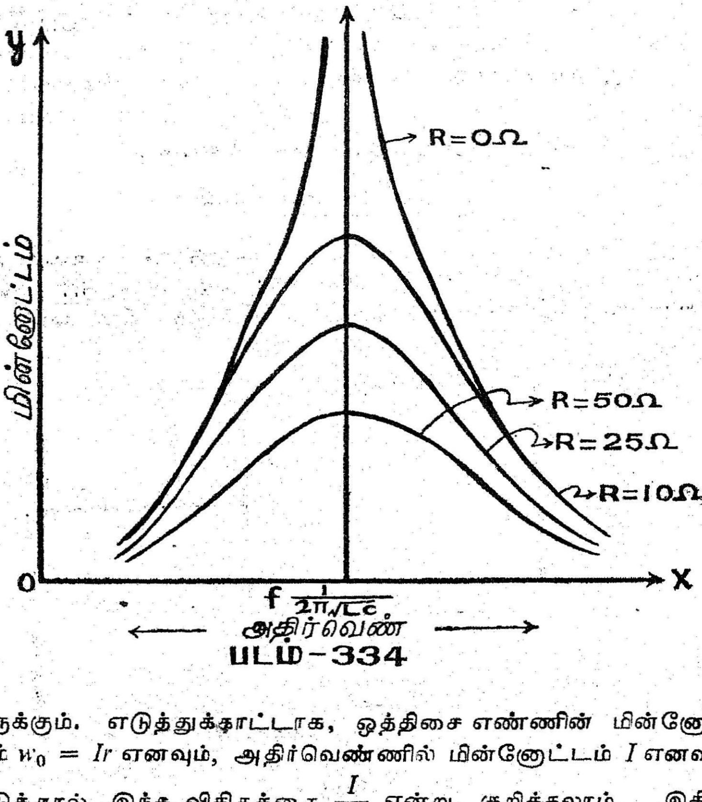


படம்-333

சுற்றின் மின்னோட்டமும் அதிகமாகி, ஒத்திசை எண் நிலையில் பெரும மதிப்பை அடைகிறது. இதேபோல் மாறுதிசை மின்னோட்

டத்தின் அதிர்வெண் இயற்கை அதிர்வெண்ணைவிட்டு மேலும் விலகிச் செல்லும்போது மின்னோட்டம் குறைகிறது.

ஒத்திசை மின்சுற்று, கம்பியில்லாத் தந்தியில் (wireless) பயன்படுத்தப்படுகின்றது. உள்வரும் சைகைகளுக்கேற்ப (signals) மாறும் தன்மை வாய்ந்தனவாக விளங்குவதால் இவற்றிற்குச் சுரப்படுத்தப்பட்ட மின்சுற்றுகள் (tuned circuits) எனப் பெயர். உள்வரும் சைகைகளின் அதிர்வெண்ணானது இத்தகைய சுற்றின் அதிர்வெண்ணுக்குச் சமமாக இருந்தால், அந்தக் குறிப்பிட்ட தேவையான அதிர்வு எண் கொண்ட சைகையைமட்டும் ஏற்றுக் கொண்டு, மற்றதை இது ஒதுக்கிவிடும் தேர்திறனைப் (selectivity) பெறும். இத் தன்மையானது ஒத்திசைக் கூர்மையைப் பொறுத்



படம்-334

திருக்கும். எடுத்துக்காட்டாக, ஒத்திசை எண்ணின் மின்னோட் டம் $w_0 = Ir$ எனவும், அதிர்வெண்ணில் மின்னோட்டம் I எனவும் எடுத்தால், இந்த விகிதத்தை $\frac{I}{Ir}$ என்று குறிக்கலாம். இதில் உயர்மதிப்புடையது ஒத்திசைக் கூர்மையும், (sharpness of

resonance) சிறந்த சக்தி வாய்ந்ததாகவும் விளங்கும். ஒத்திசையில் மின்னோட்டம் $Ir = \frac{E_0}{R}$. அதிர்வெண்ணில் மின்னோட்டம்,

$$I = E_0 \Big/ \left[\left(Lw - \frac{1}{Cw} \right) + R^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

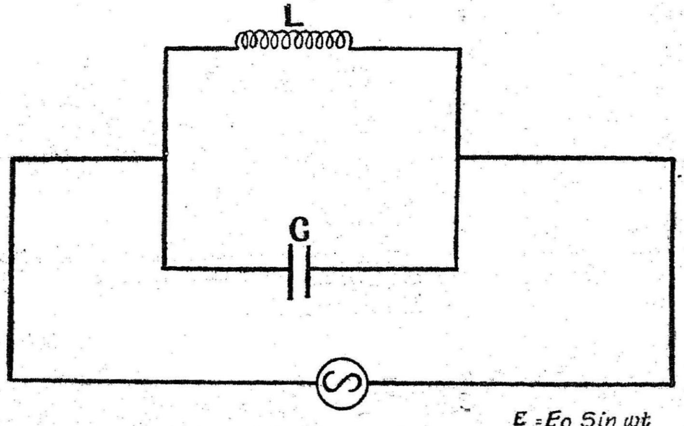
$$\therefore I / Ir = R \Big/ \sqrt{\left(Lw - \frac{1}{Cw} \right)^2 + R^2}$$

$$I/Ir = \frac{1}{\left[\frac{\left(Lw - \frac{1}{Cw} \right)}{R} + 1 \right]^{\frac{1}{2}}}$$

சுரப்படுத்தப்பட்ட மின்சுற்றில் (tuned circuit) ஒத்திசைக் கூர்மையும், தேர்திறனும் (selectivity), மின்தடை குறையும் பொழுது அதிகமாகிறது. இதனை வரைபடம் 334 விளக்குகிறது.

பக்க இணை ஒத்திசை மின்சுற்று (Parallel Resonance Circuit)

ஒரு கணத்தில் செலுத்தப்படும் மாறுதிசை மின்னியக்கு விசை $E = E_0 \sin wt$ என்க. மின் நிலைமத்தில் மாறு மின் எதிர்ப்பானது தடையைவிட மிக அதிகமாக உள்ளதால், இத் தடையை



படம்-335

ஒதுக்கிவிடுவோம் (படம் 335). மின் நிலைமத்தின் மின்னோட்டம் i_1 என்பது, மின்னழுத்தத்தைவிட $\pi/2$ கட்டம் பின்தங்கி

யுள்ளது. மின்தேக்கியில் உள்ள மின்னோட்டம் i_2 என்பது, மின்னழுத்தத்தைவிட $\pi/2$ கட்டம் முன்னேக்கிச் செல்கிறது. எனவே, இந்த மின்னோட்டங்கள் எதிர் திசைகளில் உள்ளன. கிரிச்சாவின் முதல் விதிப்படி (kirchoff's first law),

$$i = i_1 + i_2 \quad \ldots \quad \ldots \quad (1)$$

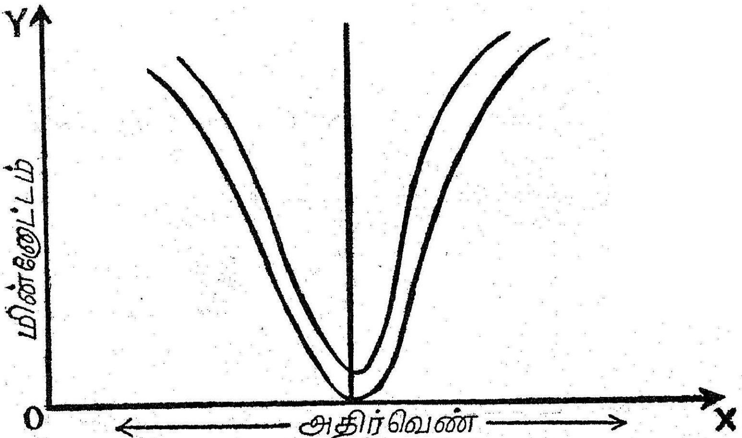
ஆனல், $\frac{Ldi_1}{dt} = E_0 \sin wt.$

$\therefore \quad di_1 = \frac{E_0}{L} \sin wt\ dt.$

தொகுப்பின்,

$$i = \int \frac{E_0}{L} \sin wt\ dt.$$

$$= -\frac{E_0}{Lw} \cos wt. \quad \ldots \quad \ldots \quad (2)$$



படம்-336

அதேபொழுது, $\frac{q}{C} = E_0 \sin wt.$

$\therefore \quad q = C\ E_0 \sin wt. \quad$ ஆனல் $i = \frac{dq}{dt}.$

$$\therefore \quad i = Cw\ E_0 \cos wt \quad \ldots \quad \ldots \quad (3)$$

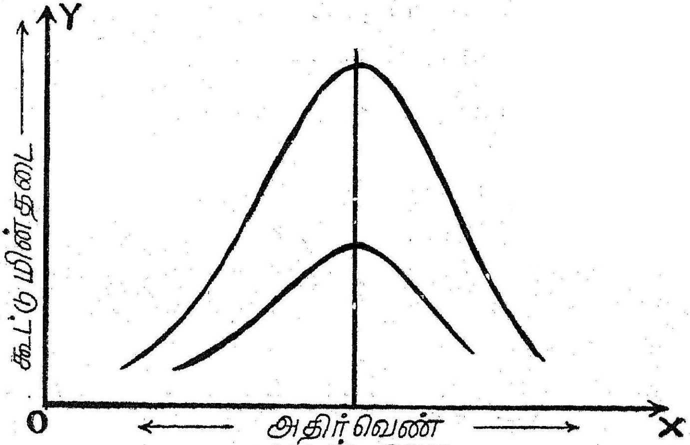
(2), (3) களை (1)-ல் சேர்ப்பின்,

$$i = -\frac{E_0}{Lw}\cos wt + Cw\,E_0\cos wt.$$

$$= +E_0\left[Cw - \frac{1}{Lw}\right]\cos wt.$$

ஆனல், $Lw = \frac{1}{Cw}$ $\therefore\ i = 0.$

ஆகவே, இந்த மின்சுற்றில் மின்னோட்டமானது எல்லாக் கணத்திலும் (for all values of t) இல்லாமல் போய்விடுகிறது. எனவே, $Cw = \frac{1}{Lw}$ என இருக்கும்போது மின்சுற்று (ஒத்த அதிர்வில்) ஒத்திசைவில் உள்ளது என்பது தெளிவாகும். இத்தகைய மின்சுற்று, பக்க இணை ஒத்திசை மின்சுற்று எனப்படுகிறது. மின் நிலைமத்திலும், மின்னேற்பிலும் மின்னோட்டம் நேர் எதிர்க் கட்டத்தில் (anti phase) பாய்ந்தபோதும், மேற்கூறிய மின் சுற்றுகளில் பாயும் மொத்த மின்னோட்டம் எல்லாப் பொழுதிலும் சுழி நிலையில் இருக்கும்.



படம்-337

பக்க இணை ஒத்திசை மின்சுற்றில் ஒத்த அதிர்வு எண்ணானது (தடையில்லாமலிருந்தால்) $n = \frac{w}{2\pi} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$

ஒத்திசையில், மின்சுற்றில் மாறுமின் எதிர்ப்பானது பெரும நிலையை அடைகிறது. மின் விளைவானது தாழ்ந்த நிலையை

அடைகிறது. இக் காரணத்தால் பக்க இணை ஒத்திசை மின்சுற்றானது ஒதுக்கு (rejector) மின்சுற்று என்று அழைக்கப் படுகிறது.

கொடுக்கப்படும் அதிர்வெண்ணிற்கு ஏற்ப மாறுபடும் மின் னோட்டத்தையும், கூட்டு மின் தடையையும் படம் 337-ல் காணலாம்.

மாறுதிசை மின்சுற்றின் திறன்

(Power in A. C. Circuit)

மின் சுற்றில் உள்ள மின்ஓட்டம், மின் அழுத்தத்தைக்காட்டி லும் ϕ எனும் கட்டத்தில் உள்ளது என்போம்.

எனவே, ஒருகணத்தில்,

$$E = E_0 \sin wt$$

$$I = I_0 \sin (wt - \phi)$$

அக் கணத்தில் செய்யப்படும் வேலை (work) $= EI$

$$= E_0\, I_0 \sin wt \sin (wt - \phi)$$

ஒரு முழுச் சுற்றில் (complete cycle) சராசரி திறன்,

$$= \frac{1}{T}\int_0^T E_0\, I_0 \sin wt \sin (wt - \phi)$$

$$= \frac{E_0\, I_0}{T}\int_0^T (\cos \phi \sin^2 wt\, dt - \sin \phi \sin wt \cos wt\, dt)$$

$$= \frac{E_0\, I_0}{2T}\left[\int_0^T (1 - \cos 2\, wt)\, dt - \sin \phi \int_0^T \sin 2\, wt\, dt\right]$$

$$= \frac{E_0 I_0}{2} \cos \phi.$$

$$= \frac{E_0}{\sqrt{2}} \frac{I_0}{\sqrt{2}} \cos \phi$$

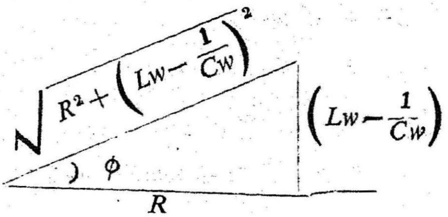
$= \overline{EI}\ \overline{I_0} \cos \phi$. இங்கு $\overline{E_0}$, $\overline{I_0}$ என்பன மின்னழுத்தம் மின்னோட்டம் ஆகியவற்றின் சராசரி இருமடியின் இருமடி மூல

மதிப்புகளாகும், cos ϕ என்பது மின்சுற்றின் திறன் காரணி (power factor). மின்னோட்டமும் மின் அழுத்தமும் $\phi=\pi/2$ எனும் கட்டத்தில் மாறுபடும்போது திறன் காரணி சுழி நிலையை எய்தும். இப்போது உள்ள மின்னோட்டம் வாட்டில்லா (wattless or idle) மின்னோட்டம் எனப்படும். அதாவது மின்னோட்டம் பாய்ந்து கொண்டிருந்தபோதிலும் செலவழிக்கப்படும் மின் திறனின் (power) மதிப்பு சுழியாகும்.

$$\tan\phi = \frac{Lw - \frac{1}{Cw}}{R}$$

$R=O$ ஆனால், $\tan\phi = \infty$, $\phi=\pi/2$

ஆக மின்சுற்றில் பாயும் மின்னோட்டம் வாட்டில்லா மின்னோட்டமாகும். மின்தடை உள்ளபோது அது மின்திறனை எடுத்தாளும் (pissipates) தன்மையினைக் கீழே காணலாம்.



$$\text{திறன்} = \overline{E}\ \overline{I}\cos\phi$$

$$= \sqrt{R^2+\left(Lw-\frac{1}{Cw}\right)^2}.\ \overline{I}.\ \overline{I}.\ \frac{R}{\sqrt{R^2+\left(Lw-\frac{1}{Cw}\right)^2}}$$

$$\text{ஆனால் } \cos\phi = \frac{R}{\sqrt{R^2+\left(Lw-\frac{1}{Cw}\right)^2}}$$

எனவே. திறன் $= R\,I^2 = E^2{}_R/R.$

இதனில் E_R என்பது தடையில் உண்டாகும் மின் அழுத்தத்தின் சராசரி இருமடியின் இருமடி மூலத்தின் மதிப்பாம்.

நேர்திசை மின்னேட்டத்தில், செலவழிக்கப்படும் அல்லது உட்கவரப்படும் (consumed) மின் திறன் = i^2R அல்லது E^2R ஆகும். மாறு திசை மின்னேட்டத்திலும் திறனனது $\overline{I^2}\ R$ அல்லது $\frac{\overline{E^2}}{R}$ R என்றுதான் கொடுக்கப்படுகிறது. ஆனல், இங்கு மின்னேட்டம், மின்னழுத்தம் ஆகியவற்றின் சராசரி இருமடியின் இருமடி மூல மதிப்பை எடுத்துக்கொள்ளவேண்டும். எனவே, மின்னேட்டம், மின்னழுத்தம் ஆகிய இவற்றின் சராசரி இருமடியின் இருமடி மூலத்தின் மதிப்பை முறையே மாய ஆம்பியர்கள் (virtual amperes) என்றும், மாய வோல்ட்டுகள் (virtual volts) என்றும் அழைக்கின்றோம்.

சோக்கு
(Choke)

நேர்திசை மின்னேட்டத்தில் ஒரு குறிப்பிட்ட அளவு மின்னழுத்தத்தைக் குறைக்கத் தடைமாற்றியைப் பயன்படுத்துகிறோம். ஆனல், மாறுதிசை மின்னேட்டத்தில் மின்னழுத்த அளவைக் கட்டுப்படுத்தும் கருவிக்கு, 'சோக்கு' என்று பெயர். தூண்டு மின் சுற்றிலோ அல்லது மின்தேக்கு மின்சுற்றிலோ மாறுதிசை மின்னேட்டத்தின் திறன் விரயமாவதில்லை என்ற தத்துவத்தை அடிப்படையாகக்கொண்டு இது அமைகிறது. நேர் மின்னேட்டத்தில் (D.C.) மின்தடை மாறும்பொழுது அங்கு மின்னேட்டம் மாற்றமடைந்து திறன் விரயமாகிறது. ஆனல், தூண்டல் மின் சுற்றில் (inductive circuit) மாறுதிசை மின்னேட்டம் மாறுபாடு அடைந்தாலும் அங்குத் திறன் விரயமாவதில்லை. எனவே, கலப்பில்லாத தூண்டு மின்னேட்டி (inductor) மாறுதிசை மின்னேட்டத்தின் அளவைக் கட்டுப்படுத்துவதில், தடையைக் (resistance) காட்டிலும் சோக்கானது மேன்மையுடையதாக இருக்கிறது.

சோக்கின் அமைப்பு

மிகக் குறைந்த அளவு தடையையும் ஆனல் அதிக அளவு மின் நிலைமம் (inductance) கூடியதாக உள்ள காப்பிட்ட கம்பிகள் ஓர் இரும்புச் சட்டத்தில் பல சுற்றுகளாகச் சுற்றப்பட்டிருக்கும் ஓர் அமைப்பு சோக்காகும். இந்த இரும்புச் சட்டமானது பல நன்கு காப்பிடப்பட்ட மெல்லிய தகட்டினல் கட்டப்பட்டு அடுத்தடுத்துள்ள அமைப்பாக இருக்கும். இத்தகு அமைப்பால் சுழி (eddy) மின்னேட்டத்தினல் ஏற்படும் சக்தி விரயத்தைக் குறைக்கலாம். எனவே, சோக்கில் மின்னேட்டமானது மின்னியக்கு விசையைவிட

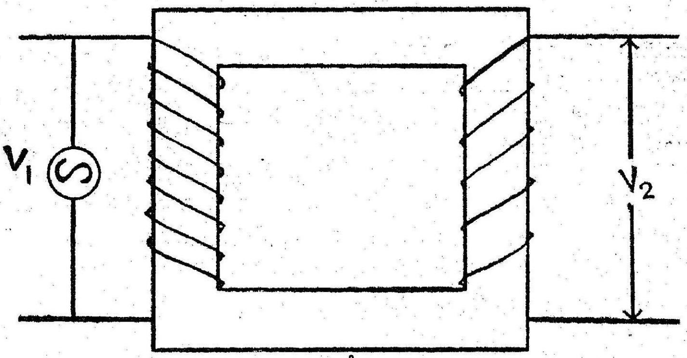
$\pi/2$ கட்டம் பின்னோக்கி இருப்பதால் திறன் விரயம் மிகக் குறைவு.

குறைந்த அதிர்வெண்ணுடைய (low frequency) மின்னோட்டத்தைக் கட்டுப்படுத்துவதற்கு இரும்புச் சட்டத்தின் (iron core) மீது சுற்றப்பட்ட சோக்குகள் பயன்படுகின்றன. ஏனெனில், இங்குத் தூண்டற்பாடு அதிகமாய் உள்ளது. இத்தகைய சோக்குகள் கேள்திறன் அதிர்வெண் (audio frequency) சோக்குகள் எனப்படும். உயர் அதிர்வு எண் (high frequency) உடைய மின்னோட்டத்தைக் கட்டுப்படுத்துவதற்கு சோக்கில் காற்று உள்ளகம் (air core) அமைந்ததாக இருப்பதால், தூண்டற்பாடு மிகக் குறைந்த நிலையில் இருக்கும். இத்தகு சோக்குகளை உயர் அதிர்வெண் சோக்குகள் (high frequency chokes) என்று அழைக்கிறோம். இவைகள் அதிகமாகக் கம்பி இல்லாத தந்தியில் பயன்படுகின்றன.

மின் மாற்றி

(Transformer)

நேர் மின்னோட்டத்தைக் காட்டிலும் மாறுதிசை மின்னோட்டம் தனிச்சிறப்பு வாய்ந்தது. ஏனெனில் மாறுதிசை மின்னோட்டத்திற்கு மின் அழுத்த உயர்வடுக்கு (step up), அல்லது தாழ்வடுக்காக (step down) இருக்கக்கூடிய ஆற்றல் உண்டு. இதனை மின் மாற்றிகளைக்கொண்டு செயல்படுத்துகிறோம். தயக்க இழப்பு



படம்-338

குறைந்துள்ள (hysterisis loss), ஸ்டெல்லாய் (stelloy) மென் தகடுகள் ஒன்றாக இணைக்கப்பட்ட தொகுப்பின்மேல், நன்கு காப்பிட்ட கம்பிகள், சுற்றப்பட்டனவாக இருக்கும் அமைப்பிற்கு மின்மாற்றி என்று பெயர். இதில் சுழி மின்னோட்டத் திறன் இழப்பு

குறைவு. இரும்புச் சட்டத்தின் இரு பகுதிகளிலும் இரு கம்பகள் சுற்றப்பட்டிருக்கும். அவற்றில் ஒன்றுக்கு முதன்மைச் சுருள் (primary coil) என்றும், மற்றொன்றிற்குத் துணைச் சுருள் (secondary) என்றும் பெயர் (படம் 338). முதன்மைச் சுற்றில் மாறுதிசை மின் அழுத்தம் செலுத்தப்படுகிறது. துணைச் சுற்றில் மின்னழுத்தம் தோன்றுகிறது.

n_1, n_2 என்பது முதன்மை, துணைச் சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை எனக் கொள்வோம். இதில் முதன்மை, துணைச் சுருள்களின் தடையை ஒதுக்கிவிடலாம். சுருள் கம்பியின் உயர் தூண்டற்பாடானது மின்னோட்டத்தின் அளவைக் குறைக்கிறது. இது இரும்பு உள்ளகத்தைக் (iron core) காந்தப்படுத்துகிறது. E_1 எனப்படுவது செலுத்தப்படும் மின்னழுத்தம் எனக் கொள்வோம். உள்ளகத்தின் ஊடே மாறு காந்தப்பாயம் (alternating magnetic flux) ϕ என்க.

$$\therefore \quad \phi = \phi_0 \sin wt.$$

முதன்மையில் பாயத்தொடர்பு (flux linkage) $N_1 = n_1 \ \phi_0 \sin \ wt$

முதன்மையில் தூண்டு மின்னியக்கு விசை $V_1 = \frac{-d}{dt} (N_1)$

$$V_1 = \frac{-d}{dt} (n_1 \phi_0 \sin wt)$$

$$V_1 = - n_1 \phi_0 w \cos wt.$$

லென்சின் (Lenz's) விதிப்படி, முதன்மையில் தூண்டப்பெறும் மாறுமின்னியக்கு விசை V_1 என்பது, செலுத்தப்படும் மாறுமின்னழுத்தத்தை எதிர்க்கும் தன்மை வாய்ந்தது. இதனை — குறி மூலமாக அறியலாம்.

காந்தப் பாயம் கசியவில்லை (leakage) என்று கொண்டால், எல்லாப் பாயத் தொடர்பும் துணைச்சுற்றில் இணையும். ஆகவே, துணை மின்சுற்றின் பாயத் தொடர்பு $N_2 = n_2 \ \phi_0 \sin wt$. எனவே,

துணைத் தூண்டு மின்னியக்கு விசை $V_2 = \frac{-d}{dt}(N_2)$

$$V_2 = \frac{-d}{dt}(n_2 \phi_0 \sin wt)$$

$$V_2 = -n_2 w \phi_0 \cos wt.$$

$\frac{n_2}{n_1} = n$ என்பது மின்மாற்றி விகிதம் எனப்படும்.

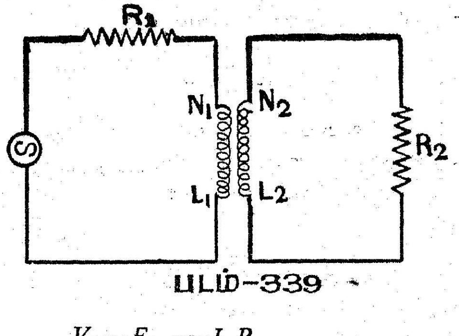
$n_2 > n_1$ என்றால் $n > 1$, ஆகவே இத்தகைய மின்மாற்றி உயர் அடுக்கு மின்மாற்றி (step up transformer) எனவும், $n_2 < n_1$ என்றால் $n < 1$, இதனைத் தாழ்வடுக்கு மின்மாற்றி (step down transformer) எனவும் அழைக்கின்றோம். மேலும் V_1-வும் V_2-வும் $180°$ கட்ட வித்தியாசத்தில் உள்ளன.

$$\frac{\text{துணைச்சுற்றில் மின்னியக்கு விசை}}{\text{துணைச் சுற்றிலுள்ள சுற்றுகள்}} = \frac{\text{செலுத்தப்படும் மின்னழுத்தம்}}{\text{முதன்மையிலுள்ள சுற்றுகள்}}$$

தடை மின்மாற்றி

(Transformer on load)

E_1, E_2 என்பவைகளை முறையே முதன்மை, துணைச் சுற்றில் ஏற்படும் உயர்தூண்டு மின்னியக்கு விசைகளாகக் கொள்வோம். நிலை சமப்படுத்தும்போது முதன்மைச் சுற்றில் E_1 என்பது பின் மின்னியக்கு விசையாகத் (back e.m.f.) திகழ்கிறது. V_1, V_2 என்பது முதன்மை, துணைச் சுற்றுகளின் முனை மின் அழுத்தங்களாக விளங்குகிறது. R_1, R_2 என்பது அவைகளின் தடைகளாக விளங்குகின்றது. எனவே I_1, I_2 என்பது முதன்மை, துணைச் சுற்றுகளின் மின்னோட்டமாகும்.



படம்-339

$$V_1 - E_1 = I_1 R_1$$

$$\therefore \quad E_1 = V_1 - I_1 R_1$$

$$E_2 = V_2 + I_2 R_2$$

$$\therefore \quad E_1/E_2 = n = \frac{V_2 + I_2 R_2}{V_1 - I_1 R_1}$$

$$\therefore \quad (V_2 + I_2 R_2) = n(V_1 - I_1 R_1)$$

$$V_2 = nV_1 - I_2 (n^2 R_1 + R_2)$$

R_1, R_2, n என்பவைகள் மின்மாற்றியின் மாரு எண்களாக இருப்பதால், I_2 பெருகும்பொழுது V_2 என்பது கணிசமான அளவு குறையும். அதாவது மின்மாற்றி உயர் அளவு மின்னேட்டத்தை வழங்கும்போது மேற்கண்ட நிலை ஏற்படுகிறது.

L_1 என்பதை முதன்மையில் ஏற்படும் தூண்டற்பாடாகவும், L_2 என்பதைத் துணையில் ஏற்படும் தூண்டற்பாடாகவும், M என் பதைப் பரிமாற்றுத் தூண்டலாகவும் வைத்துக்கொண்டால்,

$$E_1 = -L_1 \frac{dI_1}{dt}$$

$$E_2 = -M \frac{dI_1}{dt}$$

$$\therefore \quad E_2/E_1 = M/L_1 \qquad \dots \quad \dots \quad (1)$$

மேலும்,

$$E_1 = -M\, dI_2/dt.$$

$$E_2 = -L_2\, dI_2/dt.$$

$$\therefore \quad E_2/E_1 = L_2/M \qquad \dots \quad \dots \quad (உ)$$

$M^2 = L_1 L_2$ என்பது கொள்கையளவு (ideal) மின் மாற்றிக்கு உரியதாகும். செயல்முறையில் சிறிதளவு காந்தப் பாய இழப்பு ஏற்படும். K என்பதைப் பயன்படுத்தப்படும் மின் அளவுள்ள காந்தப்பாயமாகக் கொண்டால்,

$$M = KL_1\, E_2/E_1$$

$$M = L_2 K\, E_1/E_2$$

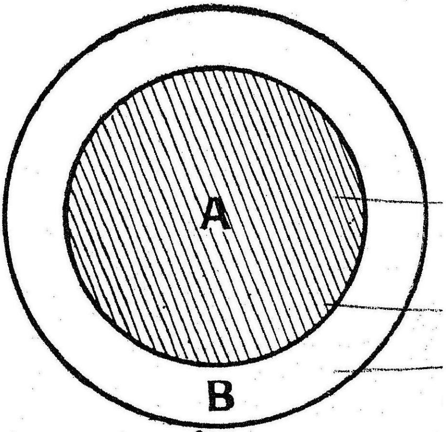
$$\therefore \quad M^2 = K^2 L_1 L_2$$

K என்பது இணைப்பு மாறிலி (coupling constant) என்று வழங்கப் படும்.

புற விளைவு
(Skin effect)

சீரான குறுக்குவெட்டு உடைய கடத்தியின்மூலம் நேர் மின்னேட்டம் பாயும்போது எலெக்ட்ரான்கள் அக் கடத்தியின் எல்லாப் பாகங்களிலும் பரவி மின்னேட்ட அடர்த்தி ஒரே மாதிரி யாக இருக்கும். ஆனல் அதே கடத்தியில் மாறு திசை மின்னேட்டம் பாயும்போது, வெளிப்புறத்தில்மட்டுமே எலெக்ட்ரான் கள் பரந்து கிடக்கும். கடத்தியின் மின்னேட்ட அடர்த்தி, செலுத்தப்படும் மாறுதிசை மின்னேட்டத்தின் அதிர்வெண்ணிற்கு நேர்விகிதத்தில் இருக்கும். இதனைப் புற விளைவு என்பர்.

மாறுதிசை மின்னோட்டம் வட்ட வடிவப் பகுதியுடைய ஒரு கடத்தியின் வழியே பாயும்போது, அதன் மையப் பகுதியில் உண்டாகும் தூண்டு மின்னியக்கு விசை, புறப் பரப்பில் இருப்பதைக் காட்டிலும் மிக அதிகமாக இருக்கும். இந்த விளைவினால் உள்ளடுக்குகளில் (interior layer) பாயும் மின்னோட்டத்தைவிடப் புற அடுக்கில் மின்னோட்டம் அதிக அளவில் செல்லும். புற அடுக்கைக்காட்டிலும் மையப் பகுதியில் மிக அதிக தூண்டற்பாடு இருப்பதால் பல்வேறு அடுக்குகளில் மின்னோட்டத்தினிடையே



படம்-340

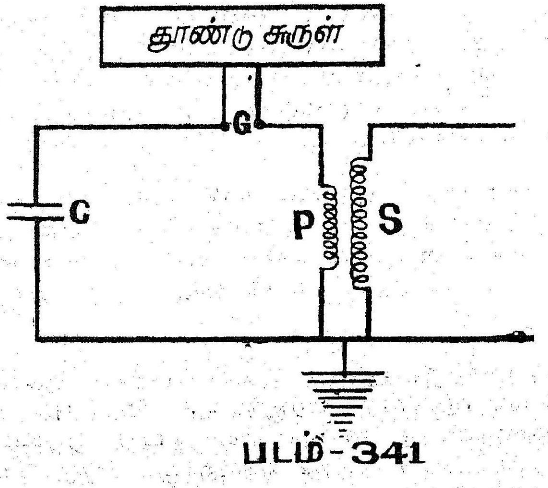
கட்ட வேறுபாடுகள் ஏற்படுகின்றன. இந்தப் புற விளைவினால் உயர் அதிர்வெண் கொண்ட மாறுதிசை மின்னோட்டம் செல்லும் கடத்திகள், மெல்லிய தாமிரக் கம்பிகளினால் ஒன்றாகப் பிணைக்கப் பட்டு, ஒவ்வொன்றும் காப்பிடப்பட்ட நிலையில் உள்ள, பல எண்ணிக்கைகளை யுடையனவாகச் செய்யப்பட்டிருக்கும். இதனால், புறப் பரப்பளவு அதிகமாகிக் கடத்தியின் தடையைக் குறைக்கச் செய்ய வழி ஏற்படுகிறது.

டெஸ்லா சுருள்
(Tesla coil)

மின் நிலைமம்-மின் தேக்கி கூடிய மின்சுற்றின் அதிர்வெண்ணானது $n = 1/2\pi\sqrt{LC}$ ஆகும். L, C குறையும்போது n அதிகமாகும். இத்தகைய சுருளை மின் மாற்றியின் முதன்மைச் சுற்றாகக் கொண்டால், துணைச்சுற்றில் மிக அதிகமான அதிர்வெண்

உள்ள மின்னியக்கு விசை ஏற்படும். இத் தத்துவத்தின்படி டெஸ்லா சுருள் இயங்குகிறது.

மிகக் குறைந்த சுற்றுகளையுடைய P என்ற சுருள், C என்ற மின் தேக்கியுடனும் G என்ற மின் பொறி இடைவெளி (spark gap) யுடன் கூடிய தூண்டு மின் சுருளுடன் (induction coil) தொடரிணையாக இணைக்கப்பட்டுள்ளது (படம் 341). உயர் அடுக்கு மின்மாற்றியின் (step up transformer) முதன்மையாக P என்பது பயன்படுத்தப்படுகிறது. பல சுருள்களையுடைய S என்ற துணைச் சுற்று, முதன்மையுடன் நன்கு காப்பிடப்பட்ட நிலையில் அதனுள் இருக்கும். தூண்டு மின்சுருள் வேலைசெய்யும்போது உண்டாகும்



படம்-341

மின்பொறியினால் மின்தேக்கி மின்னேற்றத்தைப் பெறுகிறது. பொறி இடைவெளி ஏற்படாதபோது P என்ற சுருளின் வழியாக மின்னிறக்கம் நிகழ்கிறது. அதே சமயம் உயர் அதிர்வெண் கொண்ட மின் அலைவுகள் (electrical oscillations) P-யில் உண்டாக்கப்படுகின்றன. இவைகள் S-இல் தூண்டப்பட்ட உயர் அதிர்வெண் மின் அலைவுகளை ஏற்படுத்துகின்றன. P, S சுருள்களின் முடிவில் தகுந்த நில இணைப்பின் (earthed) மூலம், பல செ.மீ. நீளமுள்ள மின்பொறியை நம் கைகளினால் எவ்வித அபாயமுமின்றி ஏற்படுத்தலாம். S-இல் உள்ள உயர் அதிர்மின் அலைவினால், நமது உடலினுள்ளிருக்கும் உறுப்புகளுக்கு (organs) எவ்வித இடையூறுகளையும் ஏற்படுத்தாமல், மின்னோட்டம் புறவெளியாகமட்டுமே பாய்ந்து செல்லும்.

மின்னியற்றிகளும் மோட்டார்களும்
(Electric Generators and Motors)

மின்காந்தத் தூண்டலின் (electro magnetic induction) தத்துவம், மின்னியற்றி, மோட்டார்கள் ஆகியவற்றின் அமைப்பிற்கு உதவுகின்றது.

ஒரு டைனமோ (dynamo) அல்லது மின்னியற்றி, இயந்திர ஆற்றலை மின் ஆற்றலாக மாற்றக்கூடிய கருவியாக விளங்குகிறது. மாருக் கோண வேகத்தில் காந்தப் புலத்தில் (magnetic field) ஒரு சுருள்கம்பி சுழலும்போது தூண்டப்படுகின்ற மின்னியக்கு விசைக்கேற்ப இதன் செயல் அமையும். நிலைக்காந்தத்தினுல் (permanent magnet) புலன் உண்டாக்கப்படுகிற கருவிக்குக் காந்தப் பொறிகள் (magneto machines) என்று பெயர். மின் காந்தத்தினுல் காந்தப்புலனை உண்டாக்குகின்ற பொறிகளுக்கு மின்னியற்றிகள் (dynamos) என்று பெயர்.

வெளிச்சுற்றுக்கு, ஒருவழி மின் உற்பத்திக்கு, உதவும் கருவியை நேர்மின்னோட்ட மின்னியற்றி (D. C. dynamo) என்றும், மாறுதிசை மின் உற்பத்தியை உண்டாக்கும் கருவியை மாறுதிசை மின்னோட்ட மின்னியற்றி (A. C. dynamo) என்றும் அழைக்கின்றோம்.

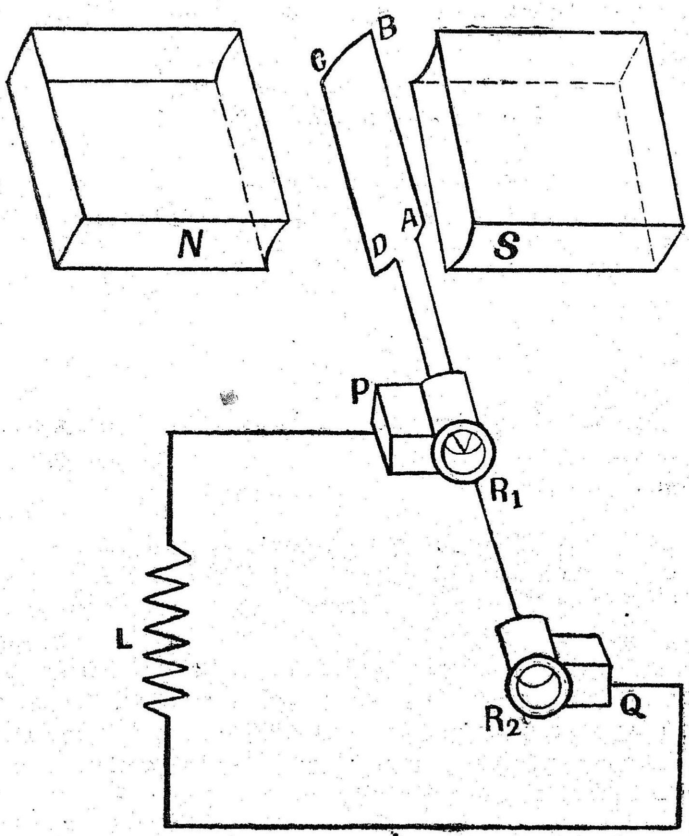
மின் ஆற்றலை இயந்திர ஆற்றலாக மாற்றும் கருவிக்கு மின் மோட்டார் (electric motor) என்று பெயர். பொறியை இயக்கச் செய்யும் மின்னோட்டம், மோட்டாரின் அச்சில் முறுக்குத் திறனை (torque) உண்டாக்கிச் சுழலச் செய்கிறது. இதில் செலுத்தப்படும் மின்னோட்டம் நிலையாக இருப்பின் அதனை நேர்மின்னோட்ட மோட்டார் (D. C. motor), என்று அழைப்பார்கள். இதற்கு மாருகப் பொறிக்குத் தரப்படுகின்ற மின்னோட்டம் மாறுதிசை மின்னோட்டமாக இருப்பின் அதனை மாறுதிசை மின்னோட்ட மோட்டார் (A. C. motor) என்றும் வழங்குவார்கள்.

மாறுதிசை மின்னோட்ட மின்னியற்றி
(The A. C. Generator)

அமைப்பு :

N, *S* என்ற சக்திவாய்ந்த காந்தங்களின் நடுவில் *ABCD* என்ற செவ்வகச் சுருள்கம்பி அதனுடைய அச்சில் சுழலுகிறது. சுருள்கம்பியின் கிடைமட்டம் முதலில் காந்தப் புலத்திற்குச்

செங்குத்தாக இருக்கும். இந்தச் சுழல்கம்பி இடவலமாகச் சுழலுவதாக வைத்துக்கொள்வோம். அப்போது *AB* மேற்பகுதியிலும் *BD* கீழ்ப்பகுதியிலும் சென்றடையும். வலக்கைப் பெருவிரல் விதிப்படி (right hand thumb rule) மின்னோட்டம் *ABCD* வழியாகப் பாயும். அத் தருணத்தில் *P* என்ற தூரிகை (brush) நேர் மின்னூட்டத்தையும், *Q* எதிர் மின்னூட்டத்தையும் பெறும்.

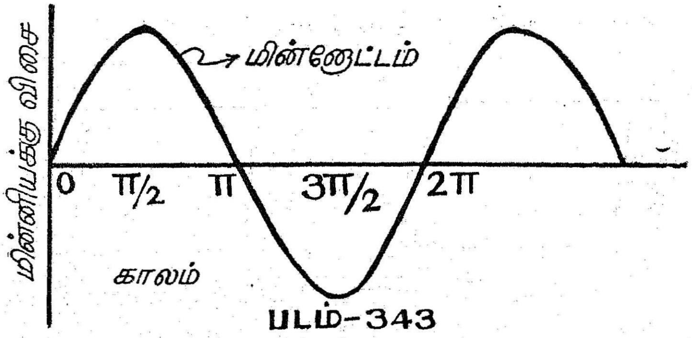


படம்-342

வெளிச்சுற்றில் மின்னோட்டம் *P*-யிலிருந்து *Q*-க்குச் செல்கிறது. கம்பியின் சுழலும் தன்மை காந்தக் கோடுகளுக்கு எந்த நிலையில் வெட்டுகின்றதோ அதற்கேற்ப மின்னியக்கு விசை மாறுபாடு அடையும். சுழலானது 180° அடைந்தவுடன் மின்னோட்டம் *DCBA* என்ற பின்வழியாகப் பாயும். இது ஒரு முழுச் சுழல் முடியும்வரை இந் நிலை இருக்கும். இந் நிலையில் *Q* என்பது நேர்

மின்னூட்டமாகும். P என்பது எதிர் மின்னூட்டமாக அமைந்து, வெளிச்சுற்றில் மின்னோட்டம் Q-விலிருந்து P-க்குச் செல்லும். ஒவ்வொரு சுழலுக்கும் இம் முறை மாறிமாறி ஏற்படும்.

சுழல் கோணத்திற்கேற்ப மாறுபடும் மின்னியக்கு விசையை வரைபடம்மூலம் (படம் 343) விளக்கலாம். ஒரு முழுச் சுற்று என்பது 360° கோணத்தைக் குறிக்கும். எனவே, மின்னியக்கு



படம்-343

விசை ஒரு சைன் (sine) வளைவாக இருக்கிறது. இதன்மூலம் வெளிச்சுற்றில் பாயும் மின்னோட்டம் மாறுதிசை மின்னோட்டம் என்பதை அறியலாம்.

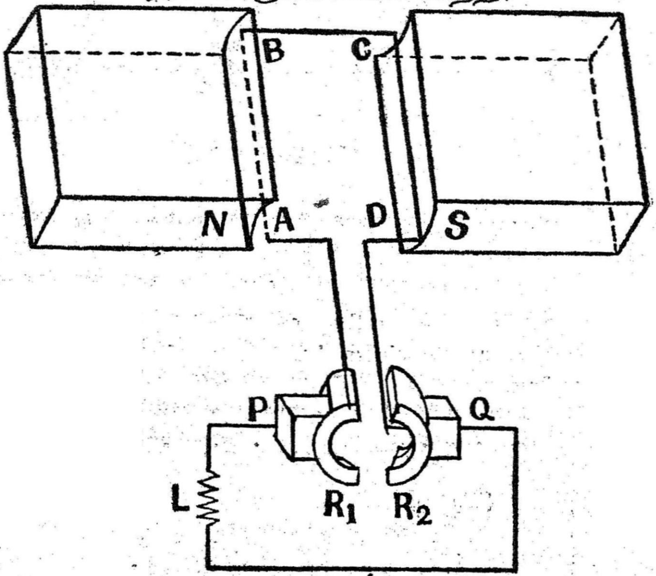
நேர்மின்னோட்ட மின்னியற்றி
(The D. C. Generator)

ஒரே வழியாக மின்னோட்டம் பாய்வதற்கு, வெட்டப்பட்ட வளையங்கள் (split rings) பயன்படுகின்றன. $ABCD$ என்ற கம்பியின் இரு முனைகளும் அரைவட்ட வடிவமான வளையங்களான, R_1 ,R_2 என்ற இரண்டோடு இணைக்கப்பட்டிருக்கின்றன. இவ்விரண்டும் மெல்லிய காப்பிடப்பட்ட ஓர் ஏட்டினால் பிரிக்கப்பட்டிருக்கும். இவைகளுக்கு வெட்டப்பட்ட வளையங்கள் (split rings) என்று பெயர். P, Q என்ற தூரிகைகள் இவ் வளையங்களுக்கு மேற்புறமாக அமைக்கப்பட்டு, வெளிச்சுற்றில் இணைக்கப்பெற்றிருக்கும். N, S என்ற வலிமை வாய்ந்த காந்தப்புலன்களுக்கு நடுவில் சுழலும் தன்மை வாய்ந்ததாக அச் சுருள் அமைந்திருக்கும்.

சுருளின் கிடைமட்டம் காந்தவிசைக் கோடுகளுக்குச் செங்குத்தான நிலையில் இருப்பதாக வைத்துக்கொள்வோம். முதல் அரைச் சுழலுக்கு R_1 என்பது P-யுடன் தொடர்பேற்படுத்திக்

கொள்ளும். இதேபோல் R_2 என்பது Q-வுடன் பொருந்தும் (படம் 344). $ABCD$ வழியாக மின்னோட்டம் பாயும்போது வலக்கைப் பெருவிரல் விதிப்படி R_1 நேர்மின்னூட்டமாகவும், R_2 என்பது எதிர் மின்னூட்டமாகவும் அமைவதால், P நேர் மின்னூட்டத்துடனும் Q எதிர் மின்னூட்டத்துடனும் விளங்கும். மறுபாதி சுழலும்போது மின்னோட்டம் பின்நோக்கிச் சென்று R_1, R_2 என்பன முறையே எதிர், நேர் மின்னூட்டம் பெற்றவைகளாக

நேர்மின்னோட்ட மின்னியற்றி

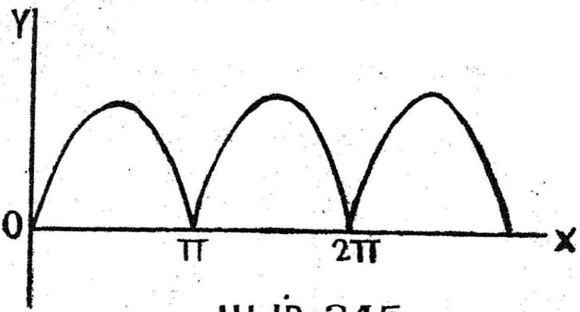


படம்-344

இருக்கும். இத் தருணத்தில் அரை வளையங்கள் தூரிகைகளை மீண்டும் அடைகின்றன. இப்போது R_2 என்பது P இடம் வரும். எனவே, P என்பது நேர் மின்னூட்டத்தையும், R_1 என்பது Q-விடம் வருவதால் Q எதிர் மின்னூட்டத்தையும் பெறுகின்றன. எனவே, P யானது எப்போதும் நேர் மின்னூட்டத்தையும் Q ஆனது எப்போதும் எதிர்மின்னூட்டத்தையும் பெறுகின்றன.

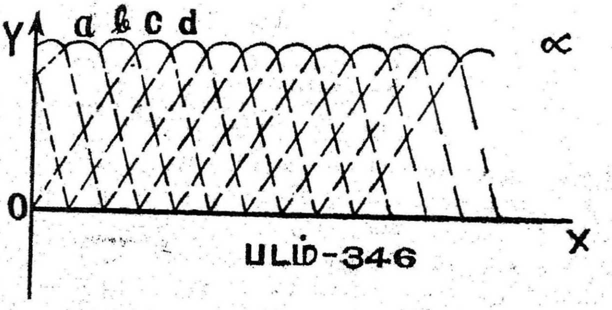
சுருளைச் சுற்றும்போது காலத்தோடு மின்னியக்கு விசை மாறுதல் அடைவதை வரைபடம் 345 ஆனது விளக்குகிறது. இதன் மதிப்பு ஒரே சீராக நிலையாக (steady) இல்லாமையால் இதனை நாம் பயன்படுத்துவதில்லை.

முதல் சுருள் கம்பிக்குச் செங்குத்தாக இரண்டாவது கம்பியைப் பயன்படுத்தும்போது, தூண்டப்படுகின்ற மின்னியக்கு விசை ஒன்றில் உயர் அளவு உடையதாகவும், மற்றொன்றில் சுழிநிலை உடையதாகவும் இருக்கும். ஆர்மெச்சூரைச் சுற்றிச் சமமான



படம்-345

இடைவெளியில் பல சுருள் கம்பிகளை வைக்கும்போது பல கட்டங்களில் — ஆர்மெச்சூரின் சுழலும் தன்மையைப் பொறுத்து ஒவ்வொரு சுருள் கம்பியும் உயர் அளவு மின்னியக்கு விசையைப் பெறும். பல்வேறு சுருள்கம்பி தொடரிணையாக இணைக்கப்படும் போது எல்லாப்பொழுதிலும் தூரிகைகளின் மேற்புறமாக இச் சுருள் கம்பிகளின் மின்னியக்கு விசைகள் வந்தடையும். நான்கு சுருள் கம்பிகளின் தனித்தனியான மின்னியக்குவிசை வேறுபாடுகள் *a*, *b*, *c*, *d* என்பனவற்றால் படம் 346-ல் விளக்கப்படுகின்றன.



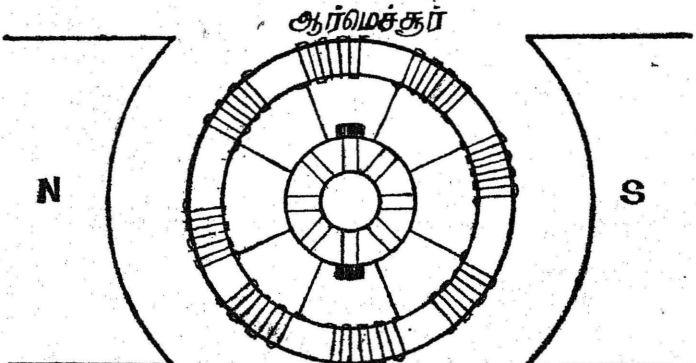
படம்-346

y-அச்சின் (y-axis) கூட்டுத்தொகையை *E F* என்ற வளைவு மூலம் காணலாம். இதுவே மின்னியக்குவிசைகள் மொத்தமாகத் தூரிகைகளைச் சென்றடையும் நிலையாகும். எனவே, இந்த அமைப்பில் வெளிச்சுற்றில் மின்னோட்டம் நிலையான தன்மைக்கு அருகில் அமைந்திருக்கும்.

மின்னியற்றியின் அமைப்பு

ஆர்மெச்சூர் அல்லது சுழலும் சுருள் :

ஓர் இரும்பு வளையம் அல்லது நீள் உருளையின்மீது பல சுற்றுகளை உடைய சுருள்கம்பி பல கோணங்களில் சுற்றப்பட்டிருக்கும். காந்தப்புலங்களின் இடையே இது சுழலுவதற்கேற்ப ஓர் அச்சுடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கும். இத்தகு அமைப்பை ஆர்மெச்சூர் கொண்டிருக்கும். கிராம் ஆர்மெச்சூர் (Gramme armature), உருளை ஆர்மெச்சூர் (Drum armature) என இரு வகையுண்டு. மின்காந்தத் துருவங்களுக்கிடையே மெல்லிய இரும்பு வளைவான வடிவத்தில் கிராம் ஆர்மெச்சூர் அமைப்பைப் பெற்றிருக்கும். இதன்மேல் பல சுற்றுகளாகக் கம்பிகள் சுற்றப் பெற்றிருக்கும். பல எண்ணிக்கைகளை உடைய குமிழ் முகப்புகளைக் (studs) கொண்டனவாக ஒரு திசைமாற்றி (commutator) இருக்-



படம்-347

கும். இக் குமிழ் முகப்புகள் நன்கு காப்பிடப்பட்டு ஒவ்வொன்றும், அடுத்தடுத்துள்ள இரண்டு சுருள் கம்பிகளின் சந்திப்பில் இணைக்கப்பட்டிருக்கும். குமிழ் முகப்புகளின் எதிர்ப்புறங்களில் உள்ள இரு தூரிகைகள்மூலம் மின்னோட்டத்தை வெளிச்சுற்றுக்குக் கொண்டுவரலாம். ஒரு பாதியில் தூண்டப்படுகின்ற மின்னியக்கு விசை மற்றொரு பாதிக்குச் சமமாகவும் எதிராகவும் இருக்கும். தூரிகைகளில் கிடைக்கும் மொத்த மின்னியக்கு விசை, கம்பிகளில் தூண்டப்படுகின்ற மின்னியக்கு விசைகளின் கூட்டுத் தொகைகளின் மொத்தத்திற்குச் சமமாகும், உயர் மின்னழுத்தத்திற்கு

இத்தகு ஆர்மெச்சூர் பயன்பட்டபோதிலும் அதிக மின்னேட்டத்திற்கு, உருளை ஆர்மெச்சூர் பயன்படுகிறது.

உருளை ஆர்மெச்சூரின் அமைப்பு

இத்தகு ஆர்மெச்சூர் புறப்பரப்பில் நீளவாட்டில், பல சாய்வுகளையுடைய அமைப்பில் வெட்டுகின்ற இடைவெளிகளோடு கூடிய, ஒரு நீள் உருளையைக் கொண்டிருக்கும். இவ் விடைவெளிகளின்மீது பலவாருகச் சுருள் கம்பிகள் சுற்றப்பெற்றிருக்கும். ஒன்றிலிருந்து மற்ருென்று காப்பிடப்பட்ட இரு உலோகத் துண்டுகளில் (strips) சுருள் கம்பியின் ஒவ்வொரு முடிவும் இணைக்கப்பட்டிருக்கும். ஆர்மெச்சூர் சுழலும்போது தூரிகைகளில் ஒன்றின் பின் ஒன்று தொடர்பேற்படுத்திக்கொள்ள இவைகள் சிறிய நீள் உருளையின்மீது வைக்கப்பட்டிருக்கும்.

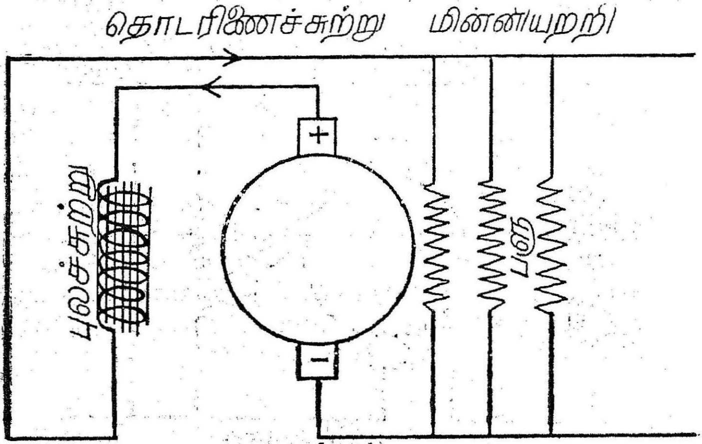
காந்தப் புலம்
(Field Magnet)

தானே இயங்கும் (self-excited) மின்னியற்றிகளை மூன்று வகைகளாகப் பிரிக்கலாம். (1) தொடரிணையாகச் சுற்றப்பட்ட மின்னியற்றிகள் (series wound dynamo), (2) இணைத்தட மாற்றிச் சுற்றிய (shunt wound) மின்னியற்றிகள், (3) மேற்கூறிய இரண்டு வகையுமே விரவிவரச் சுற்றப்பட்ட மின்னியற்றி. இவைகள் கூட்டுச் சுற்று டைனமோ (compound wound dynamo) என்றழைக்கப்படும். மின்காந்தத்தின்மீது சுருள்கம்பிகள் சுற்றப்பட்டிருக்கும் தன்மையைப்பொறுத்து இவை இருக்கும்.

தொடரிணையாகச் சுற்றப்பட்ட மின்னியற்றி

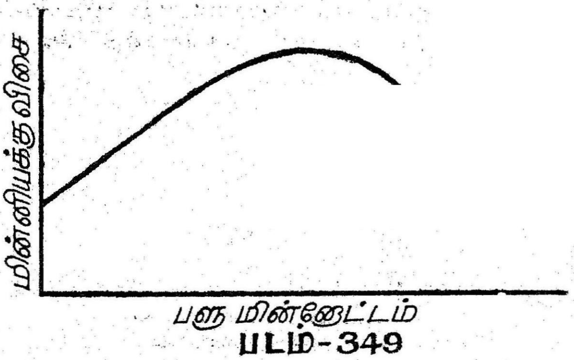
இந்த மின்னியற்றியில் குறைந்த தடையைப் பெற்றிருக்கும் புலச்சுருள் (field coil) இருக்கும் (படம் 348). இது வெளிச் சுற்ருேடு தொடரிணையாகச் சுற்றப்பட்டிருக்கும். மின்னேட்டம் இல்லாதபோது புலமும், மின்னியக்கு விசையும் இயங்காத நிலையில் இருக்கும். ஆனல், மீந்தக் காந்தத்தின் (residual magnetism) விளைவாக, சுழி நிலையில் மின்னேட்டம் இருந்தபோதிலும் மிகக் குறைந்த மின்னியக்கு விசை தூண்டப்படும். பளு மின்னேட்டம் (load current) அதிகமாகும்போது வெளியிடப்படும் மின்னியக்கு விசையும் அதிகமாகி உயர்நிலையை அடையும்;

புலமும் அதிகமாகும். இதில் புலம் தெவிட்டிய (saturate) நிலையை அடையும்போது மின்னியக்கு விசை உயர்நிலையடைந்து அதற்கு



படம்-348

மேல் மின்னியக்கு அதிகமாகாது. மின்னோட்டத்தின் பளுவுக்கும் வெளிப்படுத்தும் மின்னியக்கு விசைக்கும் இடையே உள்ள



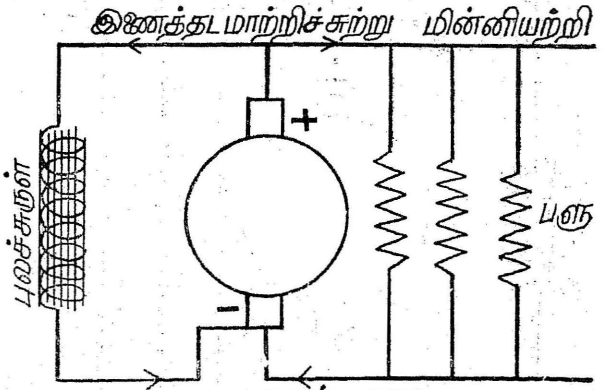
படம்-349

தொடர்பைப் படத்தில் காட்டியிருக்கும் சிறப்பியல் வளைவு (characteristic curve) விளக்கும் (படம் 349).

இணைத் தடமாற்றிச் சுற்றிய மின்னியற்றி

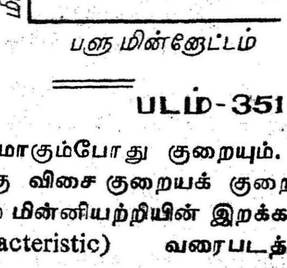
இத்தகைய மின்னியற்றிகளில் புலச்சுருள் பல எண்ணிக்கைகளைக் கொண்ட சுற்றுகளையும் அதிகத் தடையையும் கொண்

டிலங்கும், பளுவிற்கு இணையாக இப் புலச் சுருள் இருக்கும் (படம் 350). மின்னியற்றியில் பளு இல்லாதபோது புலச்சுருளே பளுவாகத் திகழ்கிறது. மீந்தக் காந்தத்தின் விளைவாக ஆர்மெச்சூரில் மிகச் சிறிய மின்னியக்கு விசை ஏற்பட்டுப் புல மின்னோட்டம் (field



படம்-350

current) சிறிதளவு இருக்கும். புலம் அதிகமாகும்போது மின்னியக்கு விசையும் அதிகமாகும். பளு மின்னோட்டத்துடன் அதிகமாகும் ஆர்மெச்சூரின் தடையில் உள்ள மின்னழுத்தம், மின்னியற்றியிலிருந்து மின்னோட்டம் வெளிவரும்போது சிறிதளவு குறையும். இதனால் புலச்சுருளில் ஏற்படும் மின்னழுத்த வேறுபாடு, பளு

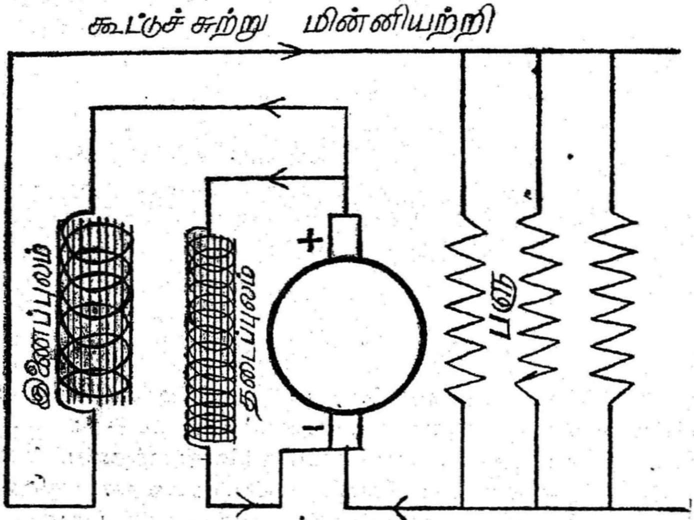


படம்-351

மின்னோட்டம் அதிகமாகும்போது குறையும். வெளியிடும் மின்னழுத்த மின்னியக்கு விசை குறையக் குறையப் புல மின்னோட்டமும் குறையும். இம் மின்னியற்றியின் இறக்கத் தனிப் பண்புகளை (descending characteristic) வரைபடத்தில் காணலாம் படம் 351).

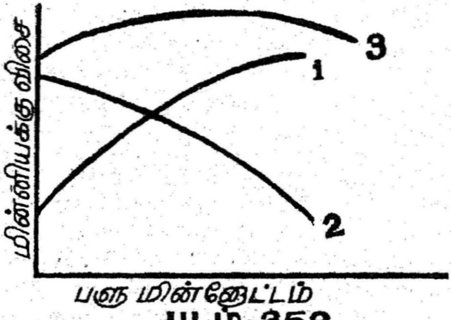
கூட்டுச் சுற்று மின்னியற்றி
(Compound Dynamo)

இத்தகு மின்னியற்றிகளில் இரு ஜோடி புலச் சுருள்கள் இருக்கும். ஒன்று தடித்த கம்பிகளினால் சில சுற்றுகளை யுடையதாகவும், மற்றொன்று மெல்லிய கம்பிகளினால் பல சுற்றுகளையுடைய



படம்-352

தாகவும் கொண்டிருக்கும். முன்னது இணைப்புலனுடையதாகவும் பின்னது தடைப்புலனுடையதாகவும் இருக்கும் (படம் 352). ஒன்றின் புலம் மற்றொன்றிற்கு உதவும் வகையில் இரண்டு சுருள்



படம்-353

களும் இணைக்கப்பட்டிருக்கும். இவைகள் ஒன்றாகக் கலந்த கலவை என்றழைக்கப்படும். இரண்டு புலங்கள் எதிர்க்கும்

தன்மை வாய்ந்தனவாக இருந்தால் அவை பகுப்புக் கலவை (differential compoundings) என்று வழங்கப்படும். இணைபுல மூலம் வெளியிடப்படும் மின்னியக்கு விசையோடு பளு மின்னேட்டம் அதிகமாகும். இதுவே தடப்புலனில் குறையும். இரண்டு புலங்களில் இணைந்து கலந்திருக்கும் சுற்றுகளைத் தகுந்தவாறு அமைப்பதன் மூலம் பளுவை அதிக மாற்றத்திற்கேற்ப வெளியிடும் மின்னியக்கு விசையை நிலையாக இருக்கும்படி செய்ய முடியும். படத்தில் உள்ள (1), (2) என்பது இணை, தடப்புலங்களின் மூலம் வெளியாகும் மின்னியக்கு விசைகளையும் (3) என்பது அவற்றின் மொத்தக் கலவையைக் குறிக்கும் (படம் 353).

கலவை அதாவது கூட்டுச் சுற்று மின்னியற்றி, அதிக அள வில் மாறுபாடு அடையும் பளுவிலும்கூட மின்னியக்கு விசை மாருத நிலையில் வைத்திருக்கும்.

மின்கல அடுக்கிற்கு மின்னூட்டம் செய்தல்

(Charging a battery with a dynamo)

ஒரு மின்கல அடுக்கிற்கு மின்னூட்ட ஒரு தொடரிணைச் சுற்று மின்னியற்றி (series dynamo) பயன்படுத்தப்படுவதாகக் கொள்வோம். ஏதாவதொரு காரணந்தொட்டு மின்னியற்றியின் வேகம் குறைந்தால், அதன் மின்னழுத்த வேறுபாடானது, (voltage) மின்கல அடுக்கின் மின்னழுத்த வேறுபாட்டைவிடக் குறைந்து விடலாம். அவ்வமயம் மின்கல அடுக்கானது, மின்னியற்றி யினுள் ஒரு மின்னிறக்க மின்சாரத்தை (discharging current) ச் செலுத்தத் தலைப்படுகின்றது. இந்த மின்சாரமானது மின்னியற்றியின் புலச் சுருளில் எதிர்த்திசையில் பாய்கின்றது. எனவே, இடக் கைப் பெருவிரல் விதிப்படி மின்னியற்றிக்கு எதிர்த் திசையில் இப்போது ஓர் இயக்கம் கொடுக்கப்படுகின்றது. எனவே, மின்னியற்றியின் வேகம் படிப்படியாகக் குறைந்துகொண்டே வந்து முடிவில் அது ஓடாமல் நின்றுவிடுகின்றது. இங்கு மின்கல அடுக்கிலிருந்து வரும் மின்னிறக்க மின்சாரமானது மின்னியற்றியை ஒரு மோட்டாரைப் (motor) போல் ஓட்டுகின்றது. எனவே, மின்கல அடுக்கானது தனது மின்சாரத்தை முழுதும் இழந்து பின்பு முற்றிலும் பழுதடைந்துவிடுகின்றது. எனவே, மின்கல அடுக்கிற்கு மின்னூட்டத் தொடரிணை மின்னியற்றியைப் பயன்படுத்தலாகாது.

மின்கல அடுக்கிற்கு மின்னூட்ட இணைத்தட மாற்றிய மின்னியற்றிதான் (shunt dynamo) பயன்படுத்தப்படுகின்றது. இம்

மின்னியற்றியின் மின் அழுத்த வேறுபாடு (வோல்டேஜ்), மின்கல அடுக்கினதைவிட அதிகமாக இருப்பதால், மின்னியற்றி மின்கல அடுக்கினுள் மின்சாரத்தைப் பாய்ச்சி, அடுக்கிற்கு மின்னூட்டு கின்றது.

ஏதோவொரு காரணத்தால் மின்னியற்றியின் வேகம் குறைந்து, அதனுல் அதனுடைய வோல்டேஜ், மின்கல அடுக்கின் வோல்டேஜைவிடக் குறைந்துவிடுவதாகக் கொள்வோம். அப்போது ஒரு மின்னிறக்க மின்சாரமானது மின்கல அடுக்கிலிருந்து மின்னியற்றியின் ஊடே பாய்கின்றது. ஆனுல், இம் மின்சாரம் மின்னியற்றியின் ஆர்மேச்சூரில் எதிர்த் திசையிலும், புலச் சுருளில் ஒத்த திசையிலுமாகப் பாய்கின்றது. எனவே, இடக் கைப் பெருவிரல் விதிப்படி, ஆர்மேச்சூருக்குக் கொடுக்கப்படும் இயக்கமானது (motion) அது எப்போதும் சுற்றும் திசையிலேயே இருக்கின்றது. எனவே, மின்னியற்றியின் வேகம் முன்பிருந்ததை விட அதிகரிக்கத் தொடங்குகின்றது. இவ்வாறு மின்னியற்றியின் வேகம் அதிகரிக்க, அதிகரிக்க அதனது வோல்டேஜும் அதிகரிக் கின்றது. வோல்டேஜ் ஆனது மின்கல அடுக்கினதைவிட அதிகமானவுடன், மின்னியற்றியானது பழையபடி மின்கல அடுக்கிற்கு மின்னூட்டத் தொடங்குகின்றது. எனவே, இம் முறையில் மின்கல அடுக்கானது பழுதடையாமல் பாதுகாக்கப்படுகின்றது.

மோட்டார்கள்

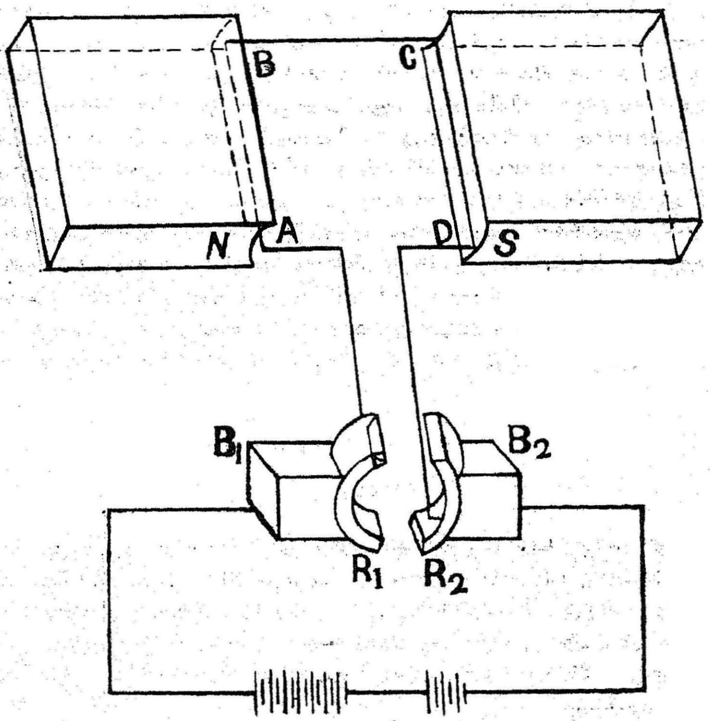
(Motors)

மின் ஆற்றலைச் சுழலும் இயந்திர ஆற்றலாக மாற்றும் அமைப்பிற்கு மோட்டார் என்று பெயர். அமைப்பில் நேர் மின்னேட்ட மின்னியற்றியும் நேர்மின்னேட்ட மோட்டாரும் ஒன்றுதான். ஆனுல், மின்னியற்றியில் ஆர்மெச்சூர் சுற்றுவதால் மின்னேட்டம் பாய்கிறது. மோட்டாரில் மின்னேட்டம் பாய்வதனுல் ஆர்மெச்சூர் சுழலுகிறது.

மின்னியற்றி போலவே மோட்டாரும் காந்தப்புலம், ஆர்மெச்சூர், பிளவுவளைய திசைமாற்றி (split ring commutator) என்ற மூன்று முக்கிய பாகங்களைக் கொண்டுள்ளது.

ஆர்மெச்சூரில் ABCD என்ற சுருள் சுற்றப்பட்டு அதன் இரு முனைகளும் இரு அரை பிளவு வளைய திசைமாற்றியுடன் இணைக்கப் பட்டு இருக்கின்றன. படம் 354-ல் காட்டியபடி பாட்டரியின் நேர், எதிர் முனைகளுடன் B_1, B_2 என்ற தூரிகைகள் இணைக்கப்

பட்டு, ABCD திசைவழியாக மின்னேட்டம் பாய்வதைக் காண லாம். பிளிம்மிங்கின் (Fleming's) இடக்கை விதிப்படி AB-ல் இயந்திர விசை, கீழ் நிலையிலும் CD-இல் மேல் நிலையிலும் அமைந்து இருக்கிறது. இவ் விரு விசைகளும் AB-யைக் கீழ் நிலைக்குக் கொண்டுவரச் செய்யும் வல இட திசைச் சுழல் இணை விசையை உருவாக்கும். இவ் விசையே சுருளைச் சுழலச் செய் கிறது. மின்னேட்டம் D-யிலிருந்து C-க்கும் B-யிலிருந்து A-க்கும் செல்லுமாறும், அதனல் AB மேல் நிலைக்கும் CD கீழ்



படம்-354

நிலைக்கும் அமையுமாறு திசைமாற்றி தகுந்தவாறு அமைக்கப் படுகிறது. பலவித சாய்தளத்தில் பல சுருள் கம்பிகள் ஆர்மெச் சூரின்மீது சுற்றப்படும்போது அதன் இரட்டைத் திருப்புதிறன் (moment of the couple) எந்த நிலையிலும் பெரும்பாலும் சீராக இருக்கும். இதனல் ஆர்மெச்சூர் சுருள் எவ்வித குதிப்பும் இன்றிச் (jerks) சுழலும். ஆர்மெச்சூரின் அச்சு, ஒரு கப்பியைப் பெற்றி

ருக்கும் (pulley) பட்டை (belt) அமைப்பின் வழியாக, இயக்கம் (motion) வெளியே கொண்டுவரப்படுகிறது.

மின்னியற்றிபோலவே இதிலும் தொடரிணைச் சுற்று, தடமாற்றிய சுற்று, கூட்டுச் சுற்று என்ற மூவகைகள் உண்டு.

பின் மின்னியக்கு விசையும், தொடக்கத்தடையும்

(Back e.m.f. and Starting Resistance)

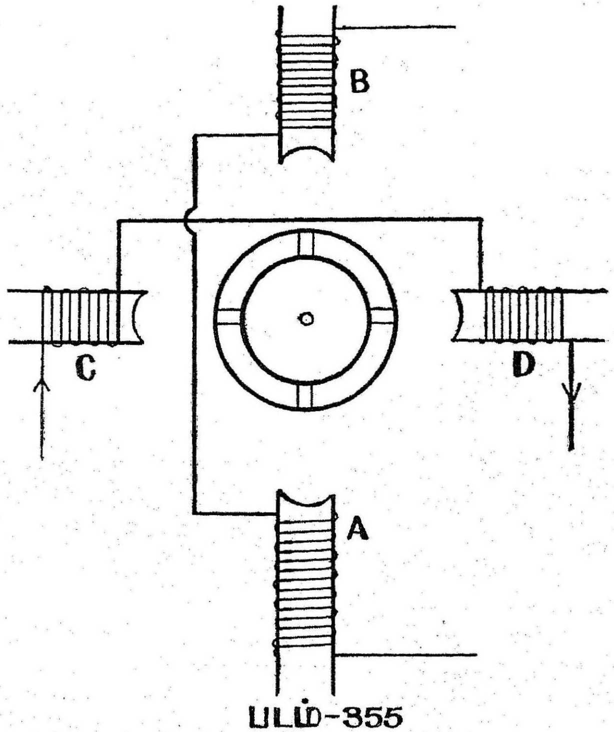
செலுத்தப்படும் மின்னியக்கு விசை E வோல்ட்டுகள்மூலம் மிக வேகமாக மோட்டார் இயங்கும். மின்னியற்றியைப்போலவே இது வேலை செய்கிறது. சுருளின் சுழல் காந்தப் புலத்தில் சுழலும் போது உண்டாகும் அமைப்பே மோட்டாரிலும் ஏற்படும். இதனால் விளையும் பின் மின்னியக்கு விசை என்றழைக்கப்படும் e வோல்ட்டுகள் ஆர்மெச்சூரின் இயக்கத்தில் தோன்றுகின்றன. எனவே, மொத்தமாக மின்சுற்றில் உள்ள மின்னியக்கு விசை $E-e$ ஆகும். ஆர்மெச்சூரின் வழியே செல்லும் மின்னோட்டம் $i_a = \frac{E-e}{R}$ இதில் R என்பது ஆர்மெச்சூரின் தடையாகும். முழு வேகத்தில் எந்த அளவு மதிப்புடைய மின்னோட்டம் செலுத்தினும் சுழலும் சுருளுக்கு எவ்வித இழப்பும் ஏற்படா வண்ணமுடைய ஆர்மெச்சூர் தடையைத் தேர்ந்தெடுக்கவேண்டும். ஆனால், மோட்டார் வேலை செய்யத் தொடங்கும்போது e என்ற பின் மின்னியக்குவிசை தூண்டப்படாது. மின்னோட்டம் $I=E/R$. இது Ia யைவிட மிக அதிகமாகும். இது ஆர்மெச்சூரின் சுருளுக்கு இழப்பை ஏற்படுத்தக்கூடும். இந் நிலையைத் தடுப்பதற்கு, ஆர்மெச்சூர் முழு வேகத்தை அடைவதற்கு முன்பு E என்ற முழு மின்னழுத்தத்தைச் செலுத்தக்கூடாது. எனவே, தொடக்கத் தடைகள் (starting resistances) என்று அழைக்கப்படும் தொடக்கிகள் (starter) மோட்டாரில் (இணையாக) தொடர் இணையாக வைக்கப்பட்டிருக்கும். ஒழுங்கு செய்கருவியின் மூலம் (regulator) இதனைப் பல்வேறு நிலைகளில் வைத்து, மோட்டாரின் வேகம் பெருமத்தை அடையும்வரை மாற்றிக்கொண்டே போகலாம். மோட்டாரின் ஸ்விட்சு (switch) உயர்தடையுள்ள இடத்தில் பொதுவாகப் பொருத்தப்பட்டிருக்கும். ஸ்விட்சு போடும்போது ஒழுங்கு செய்யும் கருவி சிறிது சிறிதாகத் தொடக்கத் தடைகளைத் தாண்டி மோட்டாரின் வேகம் பெருகும்வரைக்கும் நகரும். மோட்டார் நிறுத்தும்போது உயர்மின் தடையை நோக்கி ஒழுங்கு செய்யும் கருவி பின்னோக்கிப் பழையபடி விழுந்துவிடும். எனவே மீண்டும்

மோட்டாரை ஓட்டும்போது முழுத் தடையும் உட்படுத்தப்படுவதால் மோட்டாருக்கு எவ்வித ஊறும் ஏற்படாது.

தூண்டு மோட்டார்

(Induction Motor)

பொதுவாக மாறுதிசை மின்னோட்ட மோட்டார்களின் பொது வகையே தூண்டு மோட்டார் எனப்படும். காந்தப் புலங்களில் சுழலும் ஆர்மெச்சூரில் மின்னோட்டம் தூண்டப்படுகிறது. சுழலும் காந்தப் புலம் என்பது புலம் மாறாமல் நிலைத்திருப்பதும், அச்சில் சீரான கோண வேகத்தில் புலத்தின் திசை சுற்றுவதாகும். AB,



படம்-355

CD என்ற இரும்புச் சட்டத்தில் சுற்றப்பட்டுள்ள கம்பிகளின் வழியாக மாறுதிசை மின்னோட்டம் செலுத்தும்போது திசைமாறு காந்தப்புலம் ஏற்படுகிறது. $\pi/2$ என்ற கட்ட அளவில் மின்னோட்டங்கள் மாறுபடுகின்றன.

AB-இல் மின்னோட்டம் $i_1 = i_0 \sin wt$.

CD-இல் மின்னோட்டம் $i_2 = i_0 \sin (wt + \pi/2)$ என்க.

மேலும் H_1, H_2 என்பன முறையே அவற்றின் புலன்களாம். H_0 என்பது உயர் அளவு புலத்தின் மதிப்பாகும். எனவே,

$$H_1 = H_0 \sin wt$$

$$H_2 = H_0 \sin (wt + \pi/2)$$

$$H_2 = H_0 \cos wt$$

$$\therefore \sqrt{H_1^2 + H_2^2} = H_0.$$

காந்தப்புலத்தின் விளைவு திசை $\tan \theta$ என்பதை

$$\tan \theta = H_1/H_2$$

$$= \frac{H_0 \sin wt}{H_0 \cos wt}$$

$= \tan wt$ என்று கூறலாம்.

எனவே, H_0 என்ற மாறா அளவுள்ள விளைவுக்காந்தப் புலம் (resultant magnetic field) வல இடமாக W என்ற சீரான கோண வேகத்தில் சுழலுகிறது.

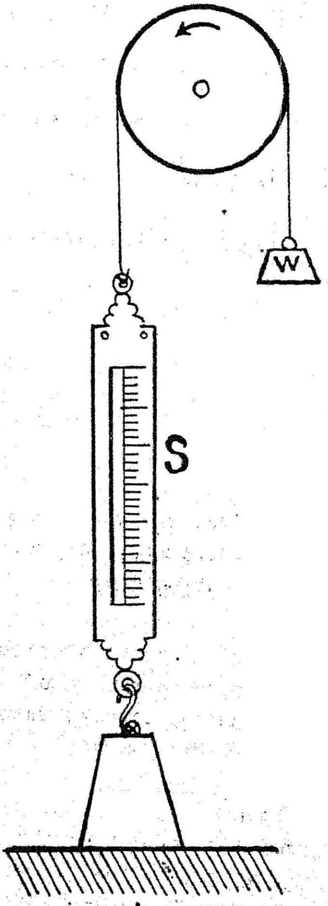
சுழலும் இக் காந்தப் புலத்தில் ஒரு சுருள் கம்பியினை வைப்பின் காந்தப்பாயம் அதோடு இணைந்து கணத்திற்குக் கணம் மாறும். இதனால் அப் புலத்தோடு இந்தச் சுருளும் அதே வேகத்தில் சுழல்கிறது. இதுவே தூண்டு மின்னோட்டத்தின் தத்துவமாகும்.

லேமினேட்டட் ஸ்டெல்லாயினால் உருவாக்கப்பட்ட நீள் உருளையின் நீளத்திற்கு இணையாகப் பலவேறு சிறு துவாரங்களை (slots) உடைய சுழலி (rotor) கொண்டிருப்பதே தூண்டு மோட்டாராகும். தாமிரத் தண்டுகள் (rods) அத் துவாரங்களில் வைக்கப் பட்டு, முனையில் உள்ள தாமிர வளைவினால் அவை இணைக்கப் பட்டிருக்கும். சுற்றுங்கூறு சுழலும் காந்தப்புலத்தில் வைக்கப் பட்டிருக்கும்.

மோட்டாரின் பயனுறு திறன்

(Efficiency of a Motor)

மின்சுற்றில் ஸ்டார்ட்டர் (starter) கூடிய அம்மீட்டர் வழியாக மோட்டாரை மின்னோட்டம் தரும் முதன்மையுடன் (main) இணைக்கவும். மோட்டாருக்குக் குறுக்கே (across) வோல்ட் மீட்டரை இணைக்கவும். மோட்டாரின் அச்சுடன் ஒரு கப்பியை இணைத்து அதன்மேல் பட்டையைச் (belt) சுற்றுக. நிலத்தில் பதிக்கப்பட்ட வில் தராசை அதன் ஒரு முனையில் கட்டுக. W என்ற எடையை மறுமுனையில் கட்டுக. மோட்டார் சுழலும்போது W-ஐத் தூக்க முயலும்போது அம்மீட்டர், வோல்ட் மீட்டர் காட்டும் அளவை எடுத்துக்கொள்க. வில் தராசு காட்டும் அளவு S என்க. சுழல் எண்ணும் கருவியின் மூலம் (revolution counter) மோட்டாரின் சுழல் எண்ணிக்கையை விநாடிக்குரிய அளவில் கணக்கிடுக. அது n என இருக்கட்டும். மோட்டார் செய்த வேலை $= (W-S)\ g\pi\ n\ D$ எர்க் (ergs), D என்பது கப்பியின் விட்டம்.



படம்-356

பெற்றுக்கொண்ட மின் சக்தி $= VA$.

V என்பது வோல்ட் மீட்டர் அளவு. A என்பது அம்மீட்டர் அளவு.

$$\therefore \text{ பயனுறு திறன் } = \frac{(W-S)\ g\pi\ n\ D}{10^7\ VA}$$

மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின் உற்பத்தியும் விநியோகமும்

(Generation and distribution of A. C. Power)

நேர்த்திசை மின்னோட்டத்தைக்காட்டிலும், மாறுதிசை மின்னோட்டமே வெகுவாகப் பயன்படுத்தப்படுகின்றது. மாறு திசை மின்னோட்டம் பல சிறப்புகளைப் பெற்றிருப்பதே இதற்குக் காரணம். காட்டாக மாறுதிசை மின்னியற்றிகளையும், மோட்டார் களையும் செய்வது எளிது. எல்லாவற்றையும்விட மின்மாற்றி (transformer) களைக் கொண்டு மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின் வோல்டேஜை மிக அதிக அளவிற்கு உயர்த்த முடிவதால், இவ்வகை மின்னோட்டமே சாலச் சிறந்ததாகக் கருதப்படுகின்றது. நம் இல்லங்களிலெல்லாம் பயன்படுத்தப்படுவது மாறுதிசை மின்னோட்டமே.

மின்சார உற்பத்தி :

பெருகிவரும் தொழிற்சாலைகளுக்கும், பல்வேறு பட்டணங் களுக்கும், முன்னேறிக் கொண்டுவரும் கிராமப்புறங்களுக்குமாக இன்று நமக்கு ஏராளமான மின்சாரம் தேவைப்படுகின்றது. மின்னியற்றிகளைச் செயல்படுத்த, அருவிகளின் ஆற்றல், நிலக்கரி, இயற்கை வாயு, எண்ணெய், மேலும் அணு ஆற்றல் ஆகியவையும் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. மின்னியற்றி, இவற்றின் ஆற்றல்களை மின் ஆற்றலாக மாற்றுகின்றது. பெரும்பாலான மின் உற்பத்தி நிலையங்களிலுள்ள மின்னியற்றிகளிலுள்ள டர்பைன்களை வியத் தகு வேகத்தில் சுற்ற வீழும் அருவிகளின் ஆற்றல் பயன்படுத்தப் படுகின்றது. அனல் மின்நிலையங்களிலுள்ள மின்னியற்றிகளின் டர்பைன்களைச் சுற்ற, நிலக்கரி போன்றவற்றை எரிக்கும்போது கிடைக்கும் ஆற்றலானது பயன்படுத்தப்படுகின்றது.

மின்சார விநியோகம் :

மின் உற்பத்தி நிலையங்களை நாம் விரும்பிய இடத்தில், அமைத்துக்கொள்ள இயலாது. அதற்குத் தேவையான யாவும், இயற்கையில் எங்கு அதிகமாகக் கிடைக்கின்றனவோ, அங்குத் தான் மின் உற்பத்தி நிலையங்கள் நிறுவப்படவேண்டும். எனவே, எங்கோ ஒரு மூலையில் இவ்வாறு உற்பத்தி செய்யப்படும் மின் சாரத்தை, தொலைவிலுள்ள இடங்களுக்குத் தக்க முறைகளில், விரயம் இல்லாமல் அனுப்பி, ஆங்காங்கே மின்சாரம் பயன்படுத்த வேண்டுவது அவசியமாகிறது. எனவே, மின்உற்பத்தி நிலையத்தி

லிருந்து, மின்சாரத்தைப் பயன்படுத்தும் இடங்களுக்கு நீண்ட கம்பிகளின் வழியாகத்தான் எடுத்துச்செல்ல வேண்டியுள்ளது.

இவ்வாறு மிக நீண்ட கம்பிகளின் மூலம், மிகத்தொலைவிற்கு மின்சாரமானது எடுத்துச் செல்லப்படும்போது, அதன் வோல்டேஜ் மிகவும் குறைந்து விடுகின்றது. எனவே மின்சாரத்தை முடிவில் பெறுகின்ற இடத்தில் அதனது வோல்டேஜ் மிகவும் குறைந்து இருப்பதால், அதை அப்படியே பயன்படுத்த இயலாது. மேலும் நீண்ட கம்பிகளின் வழியாக மின்சாரம் பாய்ந்து வருவதன் காரணந்தொட்டு, அக் கம்பிகள் மின்சாரத்தினுல் சூடாக்கப்பட்டு விடுகின்றன. இதனுல் பெருமளவு மின்சாரம் இவ்வாறு விரயமாக்கப்படுகின்றது. இவ்வாறு வெப்பத்திற்காக மின்சாரம் செலவழிக்கப்படுவதைத் தடுக்க, மின்சாரம் பாயும் கம்பிகள் மிகக் குறைந்த மின் தடையைக் கொண்டனவாக எடுத்துக் கொள்ளப் படுகின்றன. இவ்வாறு மின்தடையைக் குறைக்க, கம்பிகளின் தடிமனை அதிகமாக்கவேண்டும். எனவே, இவ்வளவு தடிமனுன கம்பிகளைச் செய்ய அதிகப் பணம் செலவழிக்கப்படவேண்டியுள்ளது. இந்த இடர்ப்பாடுகளிலிருந்து விடுபட மின்மாற்றிகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

மின் உற்பத்தி நிலையங்களில் உயர்வடுக்கு மின்னியற்றி (step up transformer) பயன்படுத்தப்படுகின்றது. இதனுல் மின் சாரத்தின் வோல்டேஜ் பன்மடங்கு அதிகமாக்கப்படுகின்றது. ஆனுல், அதே வேளையில் மின்சாரத்தின் வலிமை மிகவும் குறைந்து விடுகின்றது. இவ்வகையான மின்சாரம்தான் பின்பு கம்பிகளின் மூலம், விநியோகிக்கப்படவேண்டிய இடங்களுக்கு எடுத்துச் செல்லப்படுகின்றது. இதனுல் மின்சாரமானது கம்பிகளை வெப்ப மூட்டி விரயமாவதில்லை. ஆனுல் இவ்வளவு உயர் மின்னழுத்தம் கொண்ட மின்சாரத்தைத் தொழிற்சாலைகளிலோ அன்றி இல்லங் களிலோ அப்படியே பயன்படுத்தமுடியாது. எனவே, இவ் விடங் களில் தாழ்வடுக்கு மின்மாற்றி (step down transformer) பயன் படுத்தப்படுகின்றது. இதனுல் வோல்டேஜ் வேண்டிய அள விற்குக் குறைக்கப்பட்டுவிடுகின்றது. அதே வேளையில் மின் சாரத்தின் வலிமை உயர்த்தப்பட்டு வருகின்றது. இந்த மின் சாரந்தான் பின்பு பயன்படுத்தப்படுகின்றது. இவ்வாறு விரய மாகாமல் வெகு தொலைவிற்குக் கொண்டுசெல்வதற்கு மாறுதிசை மின்னோட்டமே ஏற்றது.

செய்முறைப் பயிற்சி

1. 25 ச. செ. மீ. பரப்பும், 100 சுற்றுக்களும், கொண்ட ஒரு கம்பிச் சுருள் 600 *R. P. M.* சீரான வேகத்தில் 10,000

காஸ் கொண்ட சீரான காந்தப்பாய அடத்தியில் சுழல்கிறது. சுழல் அச்சு, புலத்திற்குச் செங்குத்தாக அமைந்தால்,

(1) மின்னியக்கு விசை பெரும அளவு,

(2) மின்னியக்கு விசையின் சராசரி இருமடியின் இருமடி மூலத்தின் (*R. M. S.*) அளவு,

(3) மின்னியக்குவிசையின் சராசரி அளவு,

சுருளின் தளம் காந்தப்பாயத்தின் திசையோடு 60° கோணத்தை ஏற்படுத்தும்போது ஏற்படும் மின்னியக்கு விசையைக் கணக்கிடு.

மின்னியக்கு விசை $= NAB\,w \sin wt.$

மின்னியக்கு விசையின் உச்ச அளவு $\Big\} = NA\,Bw$

$$= 1000 \times 25 \times 10000 \times \frac{2\pi \times 600}{60} \text{ தனி அலகுகள்}$$

$$= \frac{1000 \times 25 \times 10000 \times 2\pi \times 600}{60 \times 10^8} \text{ வோல்ட்டுகள்}$$

$= 50\pi$ வோல்ட்டுகள்

$= 157{\cdot}1$ வோல்ட்டுகள்.

சராசரி அளவு $= \frac{2}{\pi} \times 50\pi.$

$= 100$ வோல்ட்டுகள்.

காந்தப் பாயத் திசையோடு 60° கோணத்தைச் சுருளின் தளம் ஏற்படுத்தும்போது,

$$wt = 60^\circ$$

அந்த நேரத்தில் மின்னியக்கு விசை $= NABw \times \sin 30^\circ$

$= 78{\cdot}61$ வோல்ட்டு.

2. 100 மில்லி ஹென்ரி கொண்ட ஒரு மின் நிலைமமும் (inductance) 10 ஓம் மின்தடையும் 200 *V*, 50 சுற்று, மாறுதிசை மின்னோட்ட மூலத்தோடு இணைக்கப்படுகிறது. மின்னோட்டத்தின் கட்டத்தையும் (phase) அளவையும் கண்டுபிடி. சுற்றில் செலவழிக்கப்பட்ட திறன் அளவு என்ன?

மின்னோட்டம் $= \dfrac{200}{\sqrt{\left\{(0\cdot1\times2\pi\times50)^2+10^2\right\}}}$

$$= \frac{200}{\sqrt{\left\{(100\pi^2+100)\right\}}}$$

$$= \frac{10}{\sqrt{(10^2+1)}}$$

மின்னோட்டம், மின்னழுத்தத்தைவிட, கீழ்வரும் அளவு பின் தங்குகிறது.

$$\tan^{-1}\frac{0\cdot1\times2\pi\times50}{10} = \tan^{-1}(\pi) = 72^\circ\ 21'$$

சுற்றின் மின் தடையில்மட்டும் திறன் செலவாக்கப்படும்.

$10\times6\cdot06^2 = 367\cdot8$ வாட்டுகள்.

அல்லது

திறன் $= 200\times6\cdot06\times\cos 72^\circ\ 21'$

$= 367\cdot8$ வாட்டுகள்.

3. 0·1 மைக்ரோ பாரடு மின் தேக்குத் திறன் கொண்ட ஒரு மின் தேக்கியும், ஒரு மின் தடையும், 220V, 50 சுற்று/விநாடி மாறுதிசை மின் மூலத்தோடு இணைக்கப்படுகிறது. மின் தேக்கியிலும்; மின் தடையிலும் ஏற்படும் மின்னழுத்த வேறு பாடுகளின் அளவுகள் சமமாக இருப்பின், மின் தடையின் அளவைக் கணக்கிடு. அவைகளுக்கு இடையே உள்ள மின் னழுத்த வேறுபாட்டையும், மின்னோட்டத்தின் அளவையும் கட்டத்தையும் கண்டுபிடி.

மின் தேக்கியிலும், மின் தடையிலும் ஏற்படும் மின்னழுத்த அளவுகள் சமமானல்,

$$R = \frac{1}{Cw} = \frac{1}{0\cdot1\times10^{-6}\times2\pi\times50}$$

$$= \frac{10^5}{\pi} = 31840 \text{ ஓம்கள்.}$$

சுற்றில் ஏற்படும் மின்னோட்டம்,

$$= \frac{220}{\sqrt{\left\{\frac{1}{0\cdot 1} \times 10^{-6} \times 2\pi \times 50\right\}^2 + (31840)^2}}$$

$$= 0\cdot004887 \text{ ஆம்பியர்கள்.}$$

ஒவ்வொன்றிற்கும் இடையே உள்ள மின்னழுத்தம்,

$$= 31840 \times 0\cdot004887$$

$$= 155\cdot5 \text{ வோல்ட்டுகள்.}$$

மின்னழுத்தத்திற்கும், மின்னோட்டத்திற்கும் இடையே உள்ள கட்ட வேறுபாடு (phase difference),

$$= \tan^{-1} \frac{1}{(\cdot1 \times 10^{-6} \times 100\pi)\ 31840} = \tan^{-1}(1) = 45^\circ$$

4. 0·02 ஹென்ரி மின் நிலைமம் கொண்ட குறிப்பிடத்தக்க மின் தடை இல்லாத ஒரு சுருளும், 12 ஓம் மின் தடையும், குறிப்பிடத்தக்க அளவு மின் நிலைமம் இல்லாத மற்றொரு சுருளும் தொடராக 130 V, 40 சுற்றுகள் கொண்ட மூலத்தோடு இணைக்கப்படுகின்றன.

(a) மின்னோட்டம்,

(b) பின் தங்கு கோணம் (lag angle),

(c) மின் நிலைமத் தடையின் இடையில் ஏற்படும் மின்னழுத்த வேறுபாடு,

(d) மின் நிலைமம் இல்லாத மின் தடையில் ஏற்படும் மின்னழுத்த வேறுபாடு இவைகளைக் கணக்கிடு.

(a) மின்னோட்டம் :

$$I = \frac{E}{\sqrt{R^2 + (2\pi nL)^2}}$$

$$= \frac{130}{\sqrt{12^2 \times (2\pi \times 40 \times 0\cdot02)^2}}$$

$$= 10 \text{ ஆம்பியர்கள்.}$$

(b) மின்னோட்டம் விசையிலிருந்து (laging) பின் தங்கும் கோணம் ϕ எனக் கொண்டால்,

$$\tan \phi = \frac{2\pi nL}{R}$$

$$= \frac{2\pi \times 40 \times 0{\cdot}02}{12} = 0{\cdot}417$$

$$\therefore \phi = 22^\circ$$

ஆகவே, நேரப் பின் தங்கல் $= \dfrac{22}{360} \times \dfrac{1}{40}$

$= \dfrac{\cdot 1}{654}$ விநாடி

(c) மின் நிலைமத் தடையில் (inductive resistance) ஏற்படும் மின்னழுத்த வேறுபாடு,

$$I = \frac{E_2}{O+(2\pi nl)^2} \quad 10 = \frac{E_2}{2\pi n^2}$$

$$\therefore E_2 = 50 \text{ வோல்ட்டுகள்.}$$

மின் நிலைமம் இல்லாத தடையில் ஏற்படும் (inductive resistance) மின்னழுத்த வேறுபாடு

$$I = \frac{E_1}{R} = 10$$

$$\frac{E_1}{12} = 10$$

$$\therefore E_1 = 120 \text{ வோல்ட்டுகள்.}$$

5. குறிப்பிட்ட அளவு மின்தடை பெறுத ஒரு சோக்குச் சுருள் 100 வோல்ட்டு, 50 சுற்று மின் மூலத்தோடு இணைக்கப் படும்போது 8 ஆம்பியர் மின்னோட்டத்தை எடுத்துக்கொள் கிறது. ஒரு மின் நிலைமம் இல்லாத தடை அதே நிபந்தனைகளில் 10 ஆம்பியர் மின்னோட்டத்தை எடுத்துக்கொள்ளும். இவ் விரண்டும் 150 வோல்ட்டு, 40 சுற்றுக்கொண்ட மூலத்திற்கு மாற்றப்பட்டு,

(a) தொடராக இணைக்கும்போது,

(b) பக்கவாட்டில் இணைக்கும்போது,

அவை எடுத்துக்கொள்ளும் மொத்த மின்னோட்டம் எவ்வளவு ?

முதலில், மின் நிலைமம் இல்லாத சுருளின் மின்தடை R-ம், மின் தடை இல்லாத சுருளின் மின் நிலைமம் L-ம் கண்டு பிடிக்க வேண்டும்.

$$R = \frac{100}{10} = 10 \text{ ஓம்கள்.}$$

$$I = \frac{E}{\sqrt{R^2+(2\pi nL)^2}}$$

$$8 = \frac{100}{\sqrt{2\pi \times 50 \times 8}} = \frac{1}{8\pi} \text{ ஹென்ரி.}$$

நிபந்தனை (a): இரண்டும் பக்கவாட்டில் இணைக்கும்போது மின் நிலைமம் இல்லாத மின் தடையில் உள்ள மின்னோட்டம் i_1 என எடுத்துக்கொண்டால்,

$$i_1 = \frac{E}{R} = \frac{150}{10} = 15 \text{ ஆம்பியர்கள்.}$$

i_2 = சோக்குச் சுருளில் ஏற்படும் மின்னோட்டம் எனக் கொண்டால்,

$$\frac{E}{\sqrt{0+(2\pi nL)^2}} = \frac{150}{2\pi \times 40 \times \frac{1}{8\pi}}$$

$$= 15 \text{ ஆம்பியர்கள்.}$$

ஆனால், i_2, i_1-ல் இருந்து 90° பின்தங்கி யிருக்கும்.

ஆகவே, விளைவு மின்னோட்டம்,

$$I_2 = \sqrt{i_1{}^2 + i_2{}^2}$$

$$= \sqrt{15^2+5^2}$$

$$= 21{\cdot}2 \text{ ஆம்பியர்கள்.}$$

இவ் விரண்டு நிபந்தனைகளிலும் ஏற்படும் மொத்த மின்னோட்டம் முறையே 10·6 ஆம்பியர்கள், 21·2 ஆம்பியர்கள் ஆகும்.

6. 22 மைக்ரோ பாரடு மின்தேக்குத் திறனும் 1220 மெகா ஓம் மின் தடையும், அதிர்வெண் 80 கொண்ட மின் தேக்கியைக் கொண்ட ஒரு சுற்றில் 10 ஆம்பியர் மின் ஓட்டம் ஏற்படத் தேவையான மின்னழுத்த விசையைக் கணக்கிடு.

மேற்சொன்ன 10 ஆம்பியர் மின்னேட்டம் கீழ்வரும் இரு மின்னேட்டங்களின் விளைவு மின்னேட்டமாகும்.

(1) மின்னேட்டம் $x = \frac{E}{1200 \times 16^6}$ E யோடு ஒரே படியில் உள்ளது (in step with E).

(2) மின்னேட்டம் $y = \frac{E}{\frac{1}{2\pi nL}} - 2\pi\, nLE.$

இவ்விரு மின்னேட்டங்களும் 90° கோணம் கட்டவேறுபாடு உடையவை.

ஆகவே,

$$10 = \sqrt{x^2 + y^2}$$

$$100 = x^2 + y^2$$

$$= \left[\frac{E}{1200 \times 10^6} \right]^2 + \left[2\pi nLE \right]^2$$

$$100 = E^2 \left[\left(\frac{1}{1200 \times 10^6} \right)^2 + \left(2\pi \times 80 \times \frac{22}{10^6} \right)^2 \right]$$

அடைப்புக் குறியில் உள்ள முதல் கூற்றை (பகுதியை) எண்ணிக்கையிலிருந்து நீக்கிவிடலாம்.

ஆகவே, $$E^2 = \frac{100}{\left(2\pi \times 80 \times \frac{22}{10^6} \right)^2}$$

அதாவது,

$$E = \frac{10}{2\pi \times 80 \times \frac{22}{10^6}}$$

$$= 904 \text{ வோல்ட்டுகள்.}$$

பயிற்சிகள்

(1) ஒரு மாறுதிசை மின் சுற்றில் மின் எதிர்ப்புக்கும் (impedence), மறுப்புக்கும் (reactance) இடையே உள்ள வேற்றுமைகளைப் புலப்படுத்து. மின் நிலைமம் (inductance), மின் தேக்கி,

மின்தடை இவைகள் கொண்ட சுற்றின் மின்னெதிர்ப்பைக் கணக்கிடு. மாறுதிசை மின்சுற்றில் ஒரு மின்தடைக்குப் பதிலாக சோக்குச் சுருளைப் பயன்படுத்துவதன் நன்மைகளை எடுத்துக் கூறு. (ஏப். 1961, செப். 1963, ஏப். 1967)

(2) 4 C & R கொண்ட ஒரு சுற்றில் மாறுத மின்னியக்கு விசை செயல்படும்போது அதில் ஏற்படும் மின்னோட்டம் நேரத்தோடு எவ்வாறு மாறுகிறது? இச் சமன்பாட்டை விளக்கு. இந்தச் சுற்றின் மின்னேற்றம் அலைவு முறையில் ஏற்படுகிறது எனக் காட்டு. ஆகவே, அலைவின் அதிர்வெண்ணைக் கண்டுபிடி. (ஏப். 1962, செப். 1965)

(3) மின் நிலைமம், மின்தடை இணைக்கப்பட்ட ஒரு மாறுதிசை மின்சுற்றில் உள்ள மின்னோட்டத்தைக் கண்டுபிடி. ஆகவே, சுற்றின் மின்னெதிர்ப்பையும் (impedence) மறுப்பையும் (reactance) கண்டுபிடி. (செப். 1962)

(4) ஒரு மின் தேக்கியின் மின்னிறக்கம் அலைவு முறையில் ஏற்படுத்துவதற்குரிய நிபந்தனைகளைக் கண்டுபிடி. அலைவின் அதிர்வெண்ணை வருவித்துக் காட்டு.

ஒரு டெஸ்லாச் சுருளின் அமைப்பையும், பயனையும் படம் வரைந்து விளக்குக. (செப். 1963)

(5) ஒரு மாறுதிசை மின்சுற்றில் உள்ள (1) மறுப்பு (reactance), (2) திறன் எண் (power factor), (3) வாட்டில்லா மின்னோட்டம் (wattless current) இவைகளை விளக்கு. (செப். 1964, ஏப். 1966)

(6) மாறுதிசை மின் அளவீட்டில், திசைவேக சராசரி இருமடியின் இருமடி மூல அளவு (R.M.S. value), உச்ச அளவு (peak value) இவைகளை வேறுபடுத்திக் காட்டு. ஒரு சோக்கின் வேலை செய்யும் விதத்தினை விளக்குக. (செப். 1964, ஏப். 1967).

(7) ஒரு *LCR* மின் சுற்று மாறுத மின்னியக்கு விசைக்கு உள்ளாக்கப்படும்போது, மின்னோட்ட வளர்ச்சி (growth), மின்னோட்டச் சரிவு (decay) இவைகளைக் கண்டுபிடி. அலைவு முறை மின்னியக்கத்திற்குத் தேவையான நிபந்தனைகளைக் கூறு. ஒரு சுற்றின் 'நேர மாறிலி' (time constant) என்ற தொடரை விளக்குக. (செப். 1965)

(8) 5 ஹென்ரிகள் கொண்ட ஒரு மின் நிலைமம் 20 ஓம் கொண்ட மின் தடை இவைகள் 220 வோல்ட்டு 50 சுற்றுகள் கொண்ட ஒரு மூலத்தோடு இணைக்கப்படுகிறது. திறன் எண்ணை ஒன்றுக்குவதற்குச் சுற்றில் தொடராக இணைக்கப்பட்ட மின் தேக்கியின் அளவு என்ன? சுற்றில் உள்ள மின்னேட்டத்தைக் கணக்கிடு.

[$C=2{\cdot}025\ \mu F$; 11 ஆம்பியர்கள்]

(9) 2 மில்லி ஹென்ரிகள், 5 மில்லி ஹென்ரிகள் கொண்ட இரு மின் நிலைமங்கள் பக்கவாட்டில் இணைக்கப்படுகின்றன. இவைகள் 10 ஓம் கொண்ட ஒரு மின் தடையுடனும் 1000 சுழற்சி கொண்ட 100 வோல்ட்டு மின்மூலத்தோடும் தொடராக இணைக்கப்படுகிறது. சுற்றில் பாயும் மின்னேட்ட அளவைக் கண்டுபிடி. ஒவ்வொரு மின் நிலைமத்திலும், மின் தடையிலும் பாயும் மின்னேட்டத்தின் பின் தங்கல் கோணத்தின் அளவைக் கண்டுபிடி.

[விடை: 7 44 ஆம்; 5·31, 2·13 ஆம்; 0·732 ரேடியன்]

(10) 200 வோல்ட்டும், 50 சுழற்சியும் கொண்ட ஒரு மாறு திசை மின்னியக்கு விசை 20 வோல்ட்டு 5 வாட்டு விளக்கின் இழையோடு தொடராக அமைந்துள்ள ஒரு மின்தேக்கியோடு இணைக்கப்படுகிறது. விளக்கை எரிப்பதற்குத் தேவையான மின் தேக்கியின் அளவைக் கண்டுபிடி.

(11) 50 வோல்ட்டு கொண்ட ஒரு மாறுதிசைச் சுடர் விளக்கு (arc lamp) 80 வோல்ட்டு கொண்ட மாறுதிசை மின் மூலத்தோடு இணைக்கப்படுகிறது. ஒரு சோக்குச் சுருள் அதனேடு தொடராக இணைக்கப்படுகிறது. அதிர்வெண் 50/வினடி கொண்ட இந்த விளக்கு 10 ஆம்பியர் மின்னேட்டத்தை எடுத்துக் கொள்கிறது.

எனவே, (1) சோக்குச் சுருளால் ஏற்படும் அழுத்தத்தைக் கணக்கிடு. (2) சோக்குச் சுருளின் தன்மின் தூண்டலைக் கண்டு பிடி.

[62·5 வோல்ட்டு; 0·02 ஹென்ரி]

(12) 220 வோல்ட்டு, 60 சுழற்சி கொண்ட ஒரு மின் மூலத்தோடு ஒரு சுருளை இணைக்கும்போது 25 ஆம்பியர் மின்னேட்டம் பாய்கிறது. 5 ஓம் மின்தடை தொடராக இணைக்கப்பட்ட அதே சுருள் 110 வோல்ட்டு நேர்மின் மூலத்தோடு இணைக்கும்

போது அதில் பாயும் மின்னோட்டம் 17 ஆம்பியர் ஆகும். சுருளின் மின்தடையையும், மின் நிலைமத்தையும் கணக்கிடு.

(13) ஒரு தொடர்சுற்று 50 ஓம் மின்தடையையும் 0·1 ஹென்ரி மின் நிலைமத்தையும் 10 μF மின்தேக்குத் திறன் கொண்ட மின் தேக்கியையும் கொண்டுள்ளது. இது 100 வோல்ட்டு கொண்ட 60 சுழற்சி/வினாடி மின் மூலத்தோடு இணையும் போது,

(a) சுற்றில் ஏற்படும் மின்னோட்ட அளவு,

(b) முறையே மின்தடை, மின் நிலைமம், மின்தேக்கி இவைகளுக்கு இடையில் ஏற்படும் அழுத்த வீழ்ச்சி இவைகளைக் கண்டுபிடித்து அவைகளை ஒரு வெக்டார் வரைபடம் மூலம் குறிப்பிடு.

(14) 50 செ.மீ. நீளமும் 2 ச.செ.மீ. குறுக்குப் பரப்பும் 1000 சுற்றுகளும் கொண்ட ஒரு வரிச்சுருளின் மின்தடை 1·2 ஓம்கள்.

(a) 500 சுழற்சி/வினாடி அதிர்வு கொண்ட ஒரு மின் மூலத்தோடு இணைக்கும்போது சுற்றின் மின் எதிர்ப்பு என்ன?

(b) 500 சுற்றுகள் கொண்ட மற்றொரு சுருள், முதல் சுருளின் மேல் நெருக்கிச் சுற்றப்படுகிறது. 500 சுழற்சி/வினாடி கொண்ட 24 வோல்ட்டு மின்ஓட்டம் 1000 சுற்றுக் கொண்ட வரிச் சுருளில் பாயும்போது இரண்டாவது சுருளில் தூண்டப்படும் மின்னியக்கு விசை எவ்வளவு?

(15) 50 ஓம் மின் தடையும் 1 ஹென்ரி மின் நிலைமமும் கொண்ட ஒரு மின்சுற்று, 220 வோல்ட்டும் 50 சுழற்சியும் கொண்ட மின் மூலத்தோடு இணைக்கப்பட்டுள்ளது. மின்னோட்டத்தின் அளவையும் கட்டத்தையும் (phase) கணக்கிடு. சுற்றில் வீணாக்கப்படும் திறனைக் கணக்கிடு. (செப். 1962)

(16) ஒரு மின் சுற்றில் 50 ஓம் மின்தடையும், 10 ஹென்ரி மின் நிலைமமும் 2 மைக்ரோ பாரடு மின்தேக்குத் திறன் உள்ள மின்தேக்கியும் தொடராக இணைக்கப்பட்டுள்ளன (in series). அந்த மின்சுற்று 250 வோல்ட்டும் 50 சுழற்சியும் கொண்ட மாறு திசை மின்னழுத்தத்திற்கு உள்ளாக்கப்படுகிறது. எனவே,

(a) சுற்றின் மின்னெதிர்ப்பு (impedence),

(b) சுற்றின் மின்னோட்ட அளவு,

(c) சுற்றின் திறன் எண் (power factor) ஆகியவற்றைக் கண்டுபிடி. (ஏப். 1964)

(17) 50 சுழற்சி/விநாடி கொண்ட 230 வோல்ட்டு மாறு திசை மின்னியக்கு விசை 40 வோல்ட்டு 25 வாட்டு மின் விளக்கோடு தொடராக இணைக்கப்பட்டுள்ள மின்தேக்கியின் வழியே செலுத்தப்படுகிறது. எனவே, விளக்கை இயக்குவதற்குத் தேவையான மின்தேக்கியின் தேக்குத் திறனைக் கண்டுபிடி. (செப். 1964)

(18) 5 ஹென்றிகள் மின் நிலைமம், 100 ஓம் மின்தடை, 1 மைக்ரோ பாரடு மின்தேக்குத் திறன் கொண்ட மின் தேக்கி, இவைகள் தொடராக இணைக்கப்பட்ட ஒரு மின் சுற்று 50 சுழற்சி/விநாடி கொண்ட 50 வோல்ட்டு மாறுதிசை மின்னியக்கு விசையோடு இணைக்கப்பட்டால் மின்சுற்றின் மின்னெதிர்ப்பையும், மின்னோட்ட அளவையும் கணக்கிடு (செப். 1965)

(19) 1 ஹென்றி மின் நிலைமமும், குறிப்பிட முடியாத அளவுக்குக் குறைந்த (negligible) மின் தடையும் கொண்ட ஒரு மின் சுற்று 50 சுழற்சி/விநாடி கொண்ட 200 வோல்ட்டு மாறுதிசை மின்னோட்ட மூலத்தோடு (A. C. source) இணைக்கப்பட்டால் அதன் வழியாக ஏற்படும் மின்னோட்டத்தின் அளவைக் கணக்கிடு. (ஏப். 1966)

(20) 50 சுழற்சி/விநாடி கொண்ட 250 வோல்ட்டு மாறு மின்னோட்டத்தோடு இணைக்கப்பட்ட 10 மைக்ரோ பாரடு திறன் கொண்ட மின்தேக்கியும், 10 ஓம் மின்தடையும் கொண்ட ஒரு மின்சுற்றில் உள்ள மின்னோட்டத்தைக் கண்டுபிடி. (செப். 66)

(21) 20 வாட்டும், 50 வோல்ட்டும் கொண்ட ஒரு மின்னிழை (filament) விளக்கு, ஒரு மின்தேக்கி, 50 சுழற்சி/விநாடி கொண்ட 250 வோல்ட்டு மாறு மின்னோட்டமூலம், இவை தொடராக இணைக்கப்பட்டுள்ளன. விளக்கை இயக்கத் தேவையான மின் தேக்கியின் அளவைக் கண்டுபிடி. (ஏப், 1967

(22) 10 ஹென்றிகள் மின் நிலைமமும், 2 ஓம் மின்தடையும் கொண்ட ஒரு சோக்கு (choke) கம்பிச்சுருள் 50 சுழற்சி/விநாடி கொண்ட 100 வோல்ட்டு மூலத்தோடு இணைக்கப்பட்டால் கம்பிச் சுருளின் வழியாகச் செல்லும் மின்னோட்டத்தைக் கண்டுபிடி. (செப். 1967)

(23) 25 வோல்ட்டு, 5 0 வாட்டு விளக்கு, ஒரு மின் தேக்கியோடு 50 சுழற்சி/விநாடி கொண்ட 120 வோல்ட்டு மூலத்தோடு தொடராக இணைக்கப்பட்டுள்ளது. பொது முறை வோல்ட்டுகளில் (normal voltage) அந்த விளக்கு வேலை செய்யத் தேவையான மின் தேக்கியின் அளவைக் கண்டுபிடி. (செப். 1968)

(24) ஒரு மின்சுற்று 0·2 ஹென்ரி மின் நிலைமத்தையும் 0·0012 மைக்ரோ பாரடு மின்தேக்குத் திறனையும் பெற்றுள்ளது. அந்த மின்சுற்றை அலையியற்றி மின்சுற்றுக்குவதற்கு (oscillatary circuit), பயன்படுத்தவேண்டிய உயர் அளவு மின்தடையைக் கணக்கிடு. (ஏப். 1968)

(25) 50 சுழற்சி/விநாடி உள்ள 250 வோல்ட்டு மூலத்தோடு இணைக்கப்பட்டுள்ளது. 10 ஓம் மின்தடையும், 0·2 ஹென்ரி மின் நிலைமத்தையும் கொண்ட சோக்குச் சுருளில் ஏற்படும் மின்னோட்டத்தைக் கணக்கிடு.

மின் பொறிகள்
(Electrical machineries)

டைனமோக்கள், மோட்டார்கள்
(Dynamos & motors)

செய்முறைப் பயிற்சி

1. 24 வோல்ட்டை ஏற்படுத்தக்கூடிய ஒரு டைனமோவின் ஆர்மெச்சூர் 12 துளைகளைக் (slots) கொண்டுள்ளது. ஆர்மெச்சூர் வழியாகப் பாயும் பாயம் 1,00,000 மாக்ஸ்வெல்கள். ஆர்மெச்சூர் 1 நிமிடத்திற்கு 12 முறை சுற்றுகிறது. ஆர்மெச்சூரில் உள்ள கடத்திகள் இரு வழிகளில் இணையாக அமைக்கப்பட்டால் ஒவ்வொரு துளைகளிலும் உள்ள கடத்தியின் எண்ணிக்கையைக் கணக்கிடு.

பாயம் ϕ எனவும், சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை n எனவும், கடத்திகளின் மொத்த எண்ணிக்கை z எனவும் கொண்டால்,

$$E = \frac{\phi\, nz}{10^8}$$

அதாவது,

$$24 = \frac{1,00,000 \times 20 \times z}{10^8}$$

அல்லது,

$$z = \frac{24 \times 10^8}{100000 \times 20}$$

$$= 1200.$$

ஒவ்வொரு துளையிலும் (படியிலும்) உள்ள கடத்திகள்

$$= \frac{1200}{12} = 100.$$

2. 60 வோல்ட்டு மூலத்தில் 1·25 ஆம்பியர் மின்னோட்டம் எடுத்துக்கொண்டு வேலை செய்யும் ஒரு மோட்டாரின் ஆர்மெச்சூர் 600 கிராம் சுமை ஏற்றப்பட்ட, 12 செ.மீ. விட்டமுள்ள ஒரு கப்பியோடு (pulley) இணைக்கப்பட்டுள்ளது. இந்தச் சுமையைத் தாங்க ஆர்மெச்சூர் 1800 R.P.M (ஒரு நிமிடத்திற்கு ஏற்படும் சுற்றுகள்) செய்கிறது. ஆகவே, மோட்டாரின் பயனுறுதிறனைக் கணக்கிடு.

மோட்டாரால் எதிர்க்கப்படும் முறுக்குத் திறன் $= 600 \times 981 \times \frac{12}{2}$

டைன்கள்/செ.மீ.

மோட்டார் ஏற்படுத்தும் சக்தி $= 600 \times 981 \times \frac{12}{2} \times 2\pi$

$\times \frac{1800}{60}$ எர்குகள்/வினாடி.

$$= 600 \times 981 \times \frac{12}{2} \times \frac{2\pi \times 1800}{60 \times 10^7}$$

$= 66{\cdot}58$ வாட்டு.

மோட்டாருக்குப் பயன்படுத்தும் மின்சக்தி

$= 60 \times 1{\cdot}25 = 75$ வோல்ட்டு.

ஆகவே, பயனுறுதிறன் (efficiency) $= \frac{66{\cdot}58}{75} \times 100$

$$= 88{\cdot}8\%$$

பயிற்சி

1. ஒரு தொடர் இணை மோட்டாரின், ஆர்மெச்சூர், புலச் சுருள் (field coil) இவைகளின் மின்தடை 8 ஓம்கள். இது 220 *V* மூலகத்தோடு இணைக்கப்படும்போது 3 ஆம்பியர் மின்னோட்டம் பெறுகிறது. ஆகவே, மோட்டாரில் ஏற்படும் பின் மின்னியக்கு விசையையும் திறனையும் கணக்கிடு.

2. ஒரு மின்மாற்றியின் (transformer) அமைப்பு, வேலை செய்யும் விதம் இவைகளை விளக்கு. எவ்வெவ் வழிகளில் ஒரு மின் மாற்றியில் சக்தி இழப்பு ஏற்படுகின்றது என்பதையும் அதைக் குறைப்பதற்குரிய முறைகளையும் விளக்கு. புற விளைவு (skin effect) பற்றி ஒரு குறிப்பு வரைக. (ஏப். 1962)

3. D.C. டைனமோவின் கொள்கையை விளக்குக.

கீழ்வருபவைகளில் புலக்காந்தத்தினை (field magnet) இயக்குவதற்கு உரிய முறையினைப் படங்களோடு விளக்குக :

(a) தொடர் சுற்று டைனமோ (series wound),

(b) இணைத்தடமாற்றுச் சுற்று டைனமோ (shunt dynamo),

(c) கூட்டுச் சுற்று டைனமோ (compound wound).
(செப். 1964, செப். 1966)

4. ஒரு D.C. மோட்டாரின் கொள்கையையும், அமைப்பையும் படம் வரைந்து விளக்குக.

மூன்று வகையான மோட்டார்களின் பண்புகளையும், தனிப் பயன்களையும் விளக்கி வரைக. பின் மின்னியக்கு விசை, தொடக்க மின் தடை இவைகளின் முக்கியத்துவத்தை விவரி.

21. மின் அலகுகளைத் தனி நிர்ணயம் செய்தல்

(Absolute determination of electrical units)

எந்த ஒரு பௌதிக அளவை எடுத்துக்கொண்டாலும் அதைக் குறிக்கும் முறையில் இரண்டு பகுதிகள் இருப்பதைக் காணலாம். இவற்றில் ஒரு பகுதி அளவெண்ணையும் (magnitude) மற்றப் பகுதி அலகையும் (unit) குறிக்கின்றன. காட்டாக அறையின் நீளம் 30 அடி என்று கூறும்போது, 30 என்ற பகுதி அளவெண்ணையும், 'அடி' என்ற பகுதி அலகையும் குறிக்கின்றன. ஆனால், அலகுகள் என்பன ஆங்காங்குள்ள வழக்கத்திற்கொப்ப, இடத்திற்கு இடம் மாறுபடுகின்றன. எனினும், உலகின்கண் எல்லா நாட்டிற்கும் ஒப்ப, ஆங்காங்கு உள்ள அறிவியல் வளர்ச்சிகளைச் சீராகக் கற்க, அலகுகள் படித்தரமாக்கப்படவேண்டியது அவசியமாகின்றது. இயங்கியலில் வரும் எல்லாப் பௌதிக அளவுகளையும், நீளம், நிறை, காலம் என்பவற்றால் குறித்துவிடலாம். இவற்றின் அலகுகளைத்தான் நாம் அடிப்படை அலகுகள் (fundamental units) என்கிறோம். இவற்றிலிருந்து பின்பு வழியலகுகள் (derived units) வழக்கிற்கு வருகின்றன.

மின் அலகுகளின் முறைகள்

(Systems of Electrical units)

மின் அலகுகளில் இரண்டு முறைகள் இருப்பது நாம் இதுகாறும் கண்ட அத்தியாயங்களிலிருந்து தெரிய வருகின்றது. ஒன்று நிலைமின் முறை (electrostatic system) மற்றொன்று மின்காந்த முறை (electro magnetic system) என்பது.

இவற்றில் நிலைமின் முறையானது நிலை மின்னூட்டங்களுக்கிடையேயுள்ள விசையைப் பொறுத்ததாகும். இது நீளம், நிறை,

காலம் ஆகியவற்றைமட்டும் பொறுத்தில்லாமல் மின்னூட்டங்கள் வைக்கப்பட்டிருக்கும் ஊடகத்தின் இயல்பையும் (dielectric constant) பொறுத்துள்ளது. இதேபோன்று, மின்காந்த முறையானது காந்த முனைகளுக்கிடையேயுள்ள விசையைப் பொறுத்தும், நீளம், நிறை, காலம் ஆகியவற்றோடுமட்டும் அல்லாமல், முனைகள் வைக்கப்பட்டுள்ள ஊடகத்தின் பண்பை (permeability)யும் பொறுத்ததாகும். எனவே, மின் அலகுகளின் பரிமாணங்கள் (dimension) நீளம், நிறை, காலம் ஆகியவற்றின் பரிமாணங்களைத் தவிர, மின்கடத்தாப் பொருள் மாறி (dielectric constant), உட்புகுதிறன் (permeability) ஆகியவற்றின் பரிமாணங்களையும் பொறுத்துள்ளன. கொள்கை முறைப்படியுள்ள தனி அலகுகள், அநேக இடங்களில் நடைமுறை அளவீடுகளில் அவ்வளவு ஏற்றவைகளாக இருப்பதில்லை. எனவே, நடைமுறை அலகுகள் (practical units) தோன்றலாயின.

தனி அனைத்துலக நடைமுறை அலகுகள்

மின்சாரத்தின் நடைமுறை அலகை ஆம்பியர் என்கிறோம். இது தனி அலகின் $\frac{1}{10}$ பாகமே.

மின்னழுத்த மாறுபாட்டின் நடைமுறை அலகை வோல்ட் என்கிறோம். இது 10^8 தனி அலகுகள் மி. அ. வேறுபாட்டிற்குச் சமம்.

மின் தடையின் நடைமுறை அலகு ஓம் எனப்படும். இது தனி அலகு மின்தடையைப்போன்று 10^9 மடங்கு அதிகமாகும். இவற்றைத்தான் உண்மையான ஆம்பியர், உண்மையான (true) வோல்ட், உண்மையான ஓம் என்கிறோம். ஆனால், இவை யாவும் வேண்டும்போது திரும்பப்பெறும் அளவிற்கு அவ்வளவு துல்லியமாக அளக்கக் கிடைப்பதில்லை. எனவே, நடைமுறையில் நாம் படித்தர அளவுகளை (standards)த்தான் நம்பி இருக்க வேண்டியுள்ளது. இப் படித்தர அளவுகள் கிட்டத்தட்ட உண்மை அளவுகளுக்குச் சமமாக உள்ளன.

அனைத்துலக ஆம்பியர் : இந்த அளவு மின்சாரமானது ஒரு வினாடியில், வெள்ளி வோல்ட்டாமீட்டரில் 0·0011188 கிராம்கள் வெள்ளியை வெளியிடச் செய்கின்றது.

அனைத்துலக வோல்ட் : இது $20° C$-ல் உள்ள வெஸ்டன் கேட்மியம் செல் (Weston Cadmium Cell) மின்கலத்தின் மின் விசையில் $\frac{1}{1\cdot0183}$ பாகமாகும்.

அனைத்துலக ஓம் : 0° C-ல், 106·3 செ. மீ. நீளமுள்ளதும், குறுக்குப் பரப்பு 0·01 ச. செ. மீ. கொண்டதும், நிறை 14·4521 கிராம்கள் கொண்டதுமான ஒரு பாதரச தம்பத்தின் (column) மின் தடைக்கு இது சமம்.

1 அனைத்துலக ஆம்பியர் = 0·99997 உண்மை ஆம்பியர்

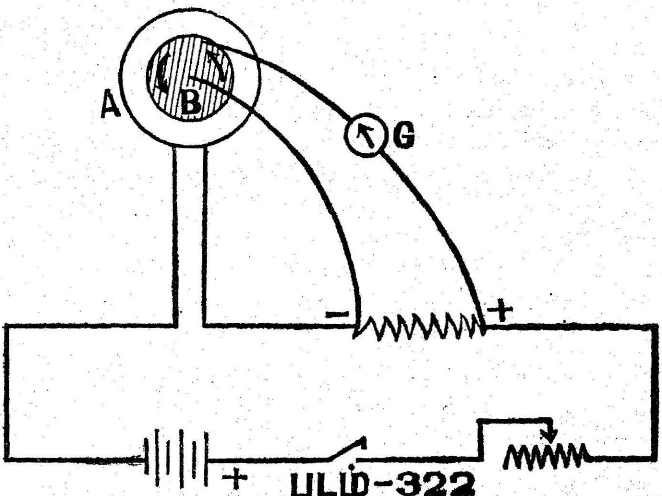
1 அனைத்துலக வோல்ட் = 1·00049 உண்மை வோல்ட்

1 அனைத்துலக ஓம் = 1·00052 உண்மை ஓம்.

'ஓம்' மைத் தனி நிர்ணயம் செய்தல்

(Absolute determination of ohm)

படம் 322-ல், *A* என்பது ஒரு நீளமான வரிச் சுருள். *B* என்பது, வரிச் சுருள் அச்சுவழியாகத் தன் அச்சுப் பொருத்தப் பட்ட ஒரு தாமிர வட்டு. வட்டின், சுழற்சித்தளம், வரிச்சுருள் அச்சுக்குச் செங்குத்தாக இருக்கும் முறையில், வட்டை மாரு வேகத்தில் (constant speed) சுழலச் செய்யலாம். ஒரு மின்கல அடுக்கு, ஒரு சாவி, ஒரு தடைமாற்றி, மின் தடை *r* இவைகளுடன் வரிச்சுருள் தொடர் இணைப்பில் சேர்க்கப்பட்டுள்ளது.



படம்-322

வரிச் சுருளின்வழியாக, மின்னோட்டம் பாயும்பொழுது, ஒரு காந்தப்புலம் ஏற்படுகிறது. வட்டு சுழலும்பொழுது, அதோடு

தொடர்பு கொண்ட காந்தப்பாயத்தில், மாற்றம் ஏற்படுகிறது. எனவே, வட்டுக்கும், வரிச் சுருளுக்குமிடையே, பரிமாற்று மின் தூண்டல் ஏற்படுகிறது. வட்டு சுழலும்பொழுது அதில் தூண்டு மின்னியக்கு விசை ஏற்படுகிறது. எனவே, வட்டின் அச்சிலிருந்து (axle) விளிம்பை (rim) நோக்கி மின்னோட்டம் பாய்கிறது. இரு புருசுகளில் (brushes) ஒன்று அச்சோடும், மற்றொன்று, விளிம் போடும் பொருத்தப்பட்டுள்ளன. அப் புருசுகள் இரண்டும், காண வேண்டிய மின்தடை r-ன், மின் முனைகளுடன் சேர்க்கப் பட்டுள்ளன. வட்டில் ஏற்பட்ட தூண்டு மின்னியக்கு விசை, r-ன் மின் முனைகளுக்கிடையேயுள்ள, மின்னழுத்த வேறுபாட்டை எதிர்க்கின்றது. கால்வனு மீட்டரில் விலக்கம் இல்லாதபடி, வட்டின் சுழல் வேகம் (speed of rotation) சரி செய்யப்பட்டுள்ளது. வரிச்சுருள்வழியாகப் பாயும், மின்னோட்டம் 'i' ஆனல், அதே மின்னோட்டம் r-ன் வழியாகவும் பாய்கின்றது. எனவே, r-ன் முனைகளுக்கிடையே மின்னழுத்த வேறுபாடு $= ri$.

வரிச் சுருளுக்கும், தாமிரவட்டுக்கு மிடையேயுள்ள பரிமாற்று மின் நிலைம எண் M ஆக இருக்கட்டும். வரிச் சுருளின் வழியாக ஓர் அலகு மின்னோட்டம் பாயும்பொழுது, வட்டோடு தொடர்பு கொண்ட காந்தப்பாயத்தில் மாற்றத்தை, இது குறிக்கின்றது.

ஒரு தடவை வட்டு சுழலும்பொழுது, பாயத் தொடர்பு $= Mi$

ஒரு விஞடிக்கு n சுற்றுகள் (revolutions) வேகத்தில், வட்டு சுழன்ருல் பாயத் தொடர்பு $= Mi\,n$.

இதுவே காந்தப்பாய மாற்ற விதமாகும். மேலும், இதுவே தனி அலகில் தூண்டு மின்னியக்கு விசையுமாகும். இந்த மின்னியக்கு விசையே, r-ன் முனைகளுக்கிடையே வெளிப்படும் மின்னழுத்த வேறுபாடு.

$$\therefore \quad ri = Min$$

$$\therefore \quad r = Mn \text{ C. G. S units.}$$

முதன்மை மின்னோட்டம், ஓர் அலகு ஆக இருக்கும் பொழுது, ஒரு தடவை வட்டு சுழன்ருல், வட்டிஞல் வெட்டப் பட்ட சுற்றுகளின் எண்ணிக்கையை (no. of turns), அதாவது பரிமாற்று மின் நிலைம எண்ணைக் கீழ்க்காணுமாறு கணக்கிடலாம்.

வரிச்சுருளின் ஒரு செ. மீ. நீளத்திலுள்ள சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை, n_1 ஆகவும், வட்டின் பரப்பு A ஆகவும் இருந் தால், ஓர் அலகு மின்னோட்டத்திஞல் ஏற்படும் புலம் $= 4\pi n_1$

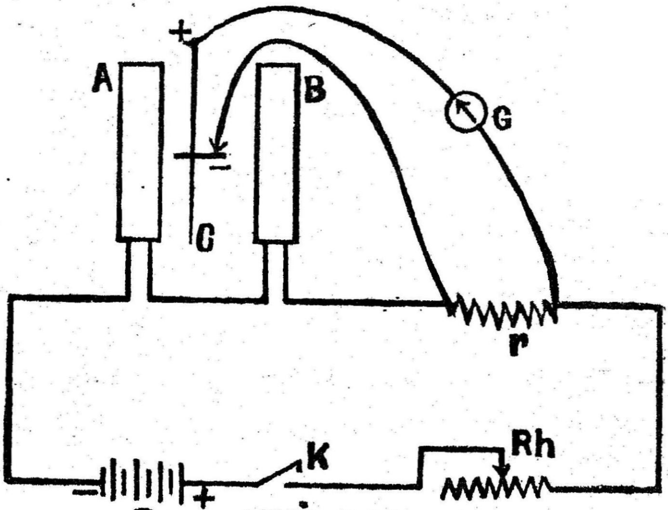
$\therefore$ காந்தப் பாயத் தொடர்பு $= 4\pi n_1 A$

$$= M.$$

$$\therefore \quad r = Mn$$

$$= 4\pi n_1 An.$$

இவ்வாறு r-ன் மதிப்பைத் தனி அலகில் நிர்ணயம் செய்ய லாம்.



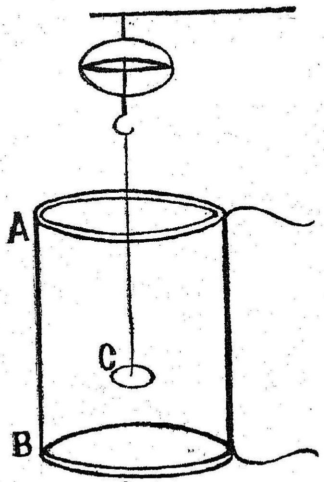
படம்-323

மாற்று முறை : மேலே கொடுக்கப்பட்ட சோதனையானது கீழ்க்காணும் முறையால் மாற்றம் செய்யப்பட்டுள்ளது. படம் 323 ல், A B என்பவைகள், ஓரச்சுச் சுருள்களாகும். அவை களுக்கிடையே, வட்டு D பொருத்தப்பட்டுள்ளது. வட்டின் அச்சு இரு சுருள்களின் பொது அச்சோடு ஒன்றியுள்ளது.

மின்னோட்டத்தைத் தனி நிர்ணயம் செய்தல்
(Absolute Determination of Current)

படம் 324-ல் A, B என்பவைகள், இரு வட்டச் சுருள் களாகும். ஒன்று, மற்றொன்றுக்கு மேலே இருக்குமாறு, பொது அச்சில் பொருத்தப்பட்டுள்ளன. அவைகளின் தளங்கள், கிடை

மட்டத்திலும், ஓரச்சிலும் சரி செய்யப்பட்டுள்ளன. இரு சுருள்களின் வழியாகவும் ஒரே அளவு மின்னோட்டம் பாய்ச்சப்படுகின்றது. C என்பது மூன்ருவது சுருள். அளவு அதே மின்னோட்டம் அச் சுருளிலும் பாய்கிறது. மூன்று சுருள்களும், தொடர் இணைப்பில் சேர்க்கப்பட்டுள்ளன. C சுருள், உணர்வு மிகு தராசின், ஓர் தட்டிலிருந்து தொங்கவிடப்பட்டுள்ளது. A, C வழியாகப் பாயும் மின்னோட்டம், C தொங்க விடப்பட்டுள்ள அதே பரப்பில் அதே திசையில் ஒரு புலத்தை ஏற்படுத்துகின்றது. பெரும காந்தப் புலம் கொண்ட ஓர் இடத்தில் C அமைந்திருக்குமாறு, C-யின் நிலையைச் சரி செய்யவும். பின்பு மின்னோட்டத்தைப் பாய்ச்சவும். C கீழ் நோக்கி இழுக்கப்படுகிறது. எடையைப் போட்டு, இழு விசையைக் கண்டுபிடிக்கவும். மின்னோட்டத்தின் திசையைத் திருப்புக; மீண்டும் எடையைப் போட்டு இழு விசையைக் கண்டு பிடிக்கவும். இரு எடைகளுக்குமுள்ள வித்தியாசத்தைக் கண்டறிந்து, மின்னோட்டம் தனி அலகில் கணக்கிடப்படுகிறது.



படம்-324

வெள்ளி வோல்ட்டா (silver voltameter) மீட்டரின் வழியாக, அதே அளவு மின்னோட்டத்தைப் பாய்ச்ச வேண்டும். ஒரு குறிப்பிட்ட கால இடைவெளியில் படிந்த (deposit) வெள்ளியின் நிறையைக் காணவும்.

ஒரு வினடியில், $AgNO_3$ கரைசலிலிருந்து, 0·001118 கிராம் நிறையுள்ள வெள்ளியை, படிதல் (deposit) செய்யத் தேவைப்படும் மின்னோட்டமே, ஒரு தனி அலகு மின்னோட்டமாகும்.

எனவே, முன்பு கூறியபடி வெள்ளி வோல்ட்டா மீட்டரில் படிந்த நிறையின் அளவைக் கொண்டு, அதிலிருந்து மின்னோட்டத்தைத் தனி அலகில் அளவிடலாம்.

வோல்ட்டின் தனி நிர்ணயம்
(Absolute Determination of Volt)

இம் முறையில் ஒரு படித்தர மின்கலத்தில் மின் இயக்க விசை, உண்மை வோல்ட்டுகளில் (true volts) அளக்கப்படுகின்றது. இம் முறையில் ஒரு மின்னழுத்த மானி அமைப்பு (potentio meter method) பயன்படுத்தப்படுகின்றது. உண்மை ஓம்களில் அளவு தெரிந்த R என்ற மின் தடையும், அதனுள் பாயும் I உண்மை ஆம்பியர்கள் அளவு மின்சாரத்தைக் கொண்ட அமைப்பும் உள்ளன. இவ்வாறுன மின்சாரம் பாயும்போது, R-க்குக் குறுக்கே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடானது, படித்தர மின் கலத்தின் மின்னியக்க விசையுடன் சரியீடு (balance) செய்யப்படுகின்றது.

இந்த முறையில் வெஸ்டன் கேட்மிய மின்கலமானது படித்தர மின்கலமாகப் பயன்படுத்தப்பட்டது. இதன்படி $20°C$-ல் இந்த மின் கலத்தின் மின்னியக்க விசையானது 1·0183 உண்மை வோல்ட்டுகளுக்குச் சமம் என்று கண்டுபிடிக்கப்பட்டது.

22. வாயுக்களினூடே மின் கடத்தல்

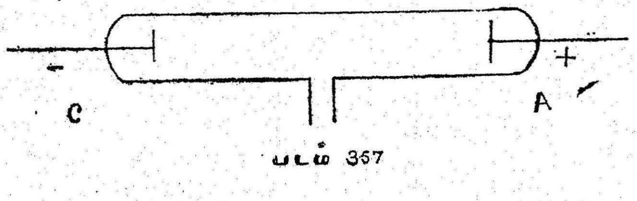
(Conduction of electricity through Gases)

மின்னிறக்கக் குழாய்

சாதாரண அமுக்கத்தைக் கொண்ட வாயுவானது அரிதில் கடத்தியாகும். இதனுள் மின்சாரமானது கடத்தப்படமாட்டாது. ஆனால், இதே வாயுவின் அமுக்கம் மிகக்குறைந்திருக்குமேயானால், மின்சாரம் இதனுள் எளிதில் கடத்தப்படுகின்றது.

இவ்வாறு மிகக் குறைந்த அமுக்கங்களையுடைய பல்வேறு வாயுக்களினூடே மின்சாரத்தை மின்னிறக்கம் செய்யும் ஆராய்ச்சிகளும், சோதனைகளும் ஃபாரடே காலந்தொட்டு இருந்து வருகின்றன.

இரண்டு பக்கங்களிலும் மூடப்பட்ட சுமார் 1 அடி நீளமும் $1\frac{1}{4}$ அங்குலங்கள் விட்டமும் உள்ள ஒரு கண்ணாடிக் குழாயை எடுத்துக் கொள்ளவும். இக் குழாயின் இரு முனைகளிலும் அலுமினியத்தினால் ஆன இரண்டு மின்வாய்கள் உள்ளன. இக் குழா

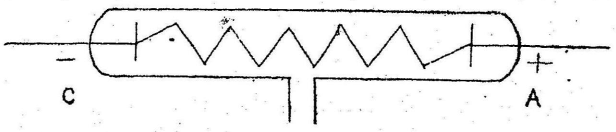


படம் 357

யில் ஒரு பக்கக் குழாயும் அமைக்கப்பட்டுள்ளது. இப் பக்கக் குழாய், நல்ல வெற்றிடத்தை உண்டாக்கக்கூடிய, ஒரு வெளியேற்றும் பம்புடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. கண்ணாடிக் குழாயிலுள்ள இரு மின் வாய்களும், ஒரு தூண்டு மின்சுருளின், துணைச்

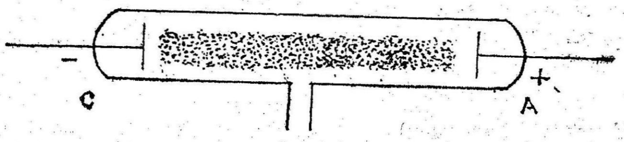
சுற்றின் இரு முனைகளுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. இதன் வாயிலாக மிக அதிக மின்னழுத்தம் கொண்ட மின்சாரமானது குழாயினூடே செலுத்தப்படுகின்றது. இவ்வமயம் வெளியேற்றும் பம்பும் செயல்படச் செய்யப்படுகின்றது. இவ்வாறு அமுக்கம் படிப்படியாகக் குறைந்துகொண்டே வரும்போது கீழ்க்காணும் விளைவுகள் தோன்றுகின்றன.

1. அமுக்கமானது 10 செ.மீ. பாதரச அளவிற்குக் குறையும் காலை, ஓர் உடையும் (crackling) ஒலியுடன், சீரற்ற மின்னிறக்கமானது இரண்டு மின் வாய்களுக்குமிடையே ஏற்படுகின்றது.



படம் 358

2. அமுக்கத்தை இன்னும் குறைத்து 0·5 செ.மீ. பாதரச அளவிற்கு வரும்போது, நேர்மின் வாயிலிருந்து, எதிர் மின்வாய் வரை நீண்டிருக்கும் ஒரு பளபளக்கும் தம்பம் தோன்றுகின்றது.



படம் 359

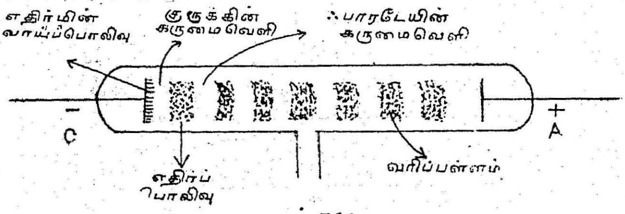
இந்தத் தம்பத்திற்கு நேர்த்தம்பம் (positive column) எனப் பெயர். கண்ணாடிக் குழாயினுள்ளே இருக்கும் வாயுவைப் பொறுத்து இந்தத் தம்பத்தின் நிறம் அமையும்.

3. அமுக்கத்தை 1·5 மி.மீ. பாதரச அளவிற்குக் குறைக்கும்போது, எதிர்மின் வாயில் ஒரு பிரகாசமான நீல நிற ஒளி தோன்றுகின்றது. இதற்கு எதிர்மின்வாய்ப் பொலிவு (cathode glow) எனப் பெயர். இவ்வமயம் நேர்த்தம்பத்திற்கும் இப் பொலிவுக்கும் இடையே ஃபாரடேயின் கருமை வெளி (Faraday's dark space) தோன்றுகின்றது.

4. அமுக்கமானது 0·8 மி.மீ பாதரச அளவிற்குக் குறைக்கப்படும்போது, எதிர் மின்வாய்க்கும், எதிர்மின்வாய்ப் பொலிவுக்

குப் இடையே குருக்கின் கருமை வெளி (Crooke's dark space) என்ற கருமைவெளி தோன்றுகின்றது.

5. அமுக்கத்தை இன்னும் குறைத்தால், நேர்த்தம்பம் நீளத்தில் குறைந்து, பல மெல்லிய ஒளிவிளக்க வட்டுகளாகப் (luminous disc) பிரிந்துவிடுகின்றது. இவ் வட்டுகள் யாவும், கண்ணுடிக் குழாயின் நீளத்திற்குச் செங்குத்தாக இருக்கின்றன.



படம் 360

இவற்றிற்கு வரிப் பள்ளங்கள் (striations) எனப் பெயர். மேலும் இப்போது குருக்கின் கருமை வெளி நேர்மின்வாயை நோக்கி நீள்கின்றது.

6. அமுக்கத்தை $\frac{1}{100}$ மி.மீ. பாதரச அளவிற்கும் குறைக்கும்போது நேர்த்தம்பம் முழுவதும் மறைந்து விடுகின்றது. கண்ணுடிக் குழாய் முழுமையும் இப்போது குருக்கின் கருமை வெளி பரவி விடுகின்றது. இந் நிலையில் கண்ணுடிக் குழாயின் சுவர்கள் நின்றொளிர்க்கத் (phosphorescent) தலைப்படுகின்றன. பளபளக்கும் ஓட்டங்கள் (streamers) எதிர்மின் வாயிலிருந்து ஓடுவதாகத் தோன்றுகின்றன. ஏதோ ஒரு வகைக் கதிர்கள் (rays) எதிர்மின் வாயிலிருந்து பாய்கின்றன. இக் கதிர்களுக்கு எதிர்மின்வாய்க் கதிர்கள் (cathode rays) எனப் பெயர்.

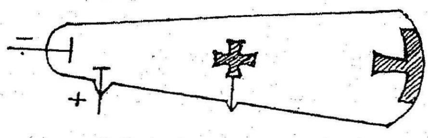
அமுக்கத்தை இன்னும் குறைத்தோமானுல் மின்னிறக்கம் அறவே நின்றுவிடுகின்றது.

எதிர்மின் வாய்க் கதிர்களின் பண்புகள்

1. எதிர் மின்வாய்க் கதிர்கள், எதிர் மின்வாயிலிருந்து வெகுவேகத்துடன் வெளிவரும் எதிர் மின்னூட்டங் கொண்ட துகள்களாகும். அவைகள் எதிர் மின்னூட்டங் கொண்டவை என்பதைக் கீழ்க்காணும் முறையால் அறியலாம். எதிர் மின்வாய்க்

கதிர்க் கற்றைக்கு அருகே ஒரு காந்தத்தைப் பிடிக்கவும். அப்போது கற்றையானது விலக்கப்படுகின்றது. இவ்வாறு விலக்கப்படும் திசையிலிருந்து, இடக் கைப் பெருவிரல் விதிப்படி, எதிர்மின் வாய்க் கதிர்கள் யாவும் எதிர் மின்னூட்டங் கொண்டவை எனப் புலனாகிறது.

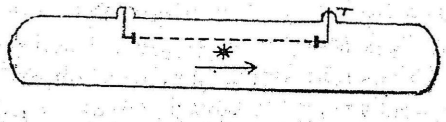
2. இக் கதிர்கள் நேர்கோட்டில் செல்வன. எனவே, இவற்றின் பாதையில் எதிர்ப்படும் ஒளிபுகாப் பொருள்களுக்குப் பின்னால்



படம் 361

அவைகளின் நிழல்களை இவை உண்டாக்குகின்றன. கதிர்களின் பாதையில் ஒரு சிலுவை (cross) யை வைத்தால் அதன் நிழல் கண்ணாடிக் குழாயின் சுவரில் விழுவதைக் காணலாம்.

3. அவைகள் எப்பொருளின் மீது வீழ்கின்றனவோ அவற்றின்மீது அவை ஒரு விசையைப் பிரயோகிக்கின்றன. பல தட்டு



படம் 362

களை (vanes) உடைய ஒரு சிறு சக்கரத்தை இக் கதிர்களின் பாதையில் வைத்தோமானால், அது சுற்றப்படுவதைக் காணலாம்.

4. இக் கதிர்கள் விழும் பொருள்கள் சூடேற்றப்படுகின்றன. காட்டாக இவற்றின் பாதையில் ஒரு பிளாடின மென் தகட்டை வைத்தோமானால் அது சூடேற்றப்பட்டு, செவ்வொளியுடன் பொலிவதைக் காண்கிறோம்.

5. அவைகள் பொருள்களின்மேல் பட்டால் பொருள்கள் அவற்றின் தன்மைகளுக்கேற்ற நிறத்துடன் ஒளிர்கின்றன. காட்டாகக் கண்ணாடியானது பச்சை நிறத்துடன் ஒளிர்கின்றது.

6. எதிர்மின் வாய்க் கதிர்களின் வேகம் சுமார் $2 \cdot 2 \times 10^9$ செ.மீட்டரிலிருந்து $3 \cdot 3 \times 10^9$ செ.மீ. வரை இருக்கும் என்று கணக்கிடப்பட்டுள்ளது.

7. வெகு வேகமாகச் செல்லும் இக் கதிர்கள், மிக உறுதியான உலோகப் பொருளின்மேல் தாக்கும்போது எக்ஸ் கதிர்கள் போன்ற, உடலில் பாய்ந்து செல்லும், கதிர் வீச்சுகள் தோன்றுகின்றன.

8. அவைகள் பாய்ந்து செல்லும் வாயுவை அயனி யாக்குகின்றன. மேலும் மிக மெல்லிய அலுமினியத் தகட்டினூடே புகுந்து செல்லும் ஆற்றல் பெற்றவை.

9. நிழற்படத் தட்டுகளை அவை தாக்கவல்லன.

10. எதிர் மின்வாய்க் கதிர்த் துகளின் நிறை, ஹைட்ரஜன் அணுவின் நிறையில் $\frac{1}{1840}$ பாகமாகும். இதன்மேல் உள்ள மின்னூட்டமானது $4 \cdot 77 \times 10^{-10}$ நிலைமின் அலகாகும். இத் துகளைத்தான் நாம் எலெக்ட்ரான் என்கிறோம்.

நேர்க் கதிர்கள்

(Positive rays)

மின்னிறக்கக் குழாயிலுள்ள வாயுவினூடே எலெக்ட்ரான்கள் மிக வேகத்துடன் பாய்ந்து செல்லும்போது அவை வாயுவின் அணுக்களை மோதித் தாக்குகின்றன. எனவே, வாயு அணுக்களில் உள்ள எலெக்ட்ரான்கள் உதைத்துத் தள்ளப்படுகின்றன. இதனால் எலெக்ட்ரான்களை இழந்த அணுக்கள் இப்போது நேர் மின்னூட்டங் கொண்டவையாகின்றன. எப்படி எதிர் மின்னூட்டங் கொண்ட எலெக்ட்ரான்கள் எதிர்மின் வாயிலிருந்து, நேர்மின் வாய்க்குச் செல்கின்றனவோ, அவ்வாறே நேர்மின்னூட்டங் கொண்ட எலெக்ட்ரான்களை இழந்த அணுக்கள் இப்போது நேர் மின் வாயிலிருந்து எதிர்மின் வாய்க்குச் செல்கின்றன. ஆனால், இவ் வணுக் கருக்களின் நிறை எலெக்ட்ரான்களைவிட மிக அதிகமாக இருப்பதால், இவை குறைந்த வேகத்துடன்தான் செல்கின்றன. இவ்வாறு இவை எதிர்மின் வாயை நோக்கிச் செல்லும்போது, எதிர்மின் வாய்த் தகட்டில் நிறையத் துளைகள் இருக்குமேயானால், இவ் வணுக் கருக்கள் அத்துகள்களினூடே பாய்ந்து அந்தப் பக்கம், பளபளக்கும் ஓட்டங்களாகச் செல்லுகின்றன. இக் கதிர்களை நாம் நேர்க் கதிர்கள் என்றோ கால்வாய்க் கதிர்கள் (canalrays) என்றோ அழைக்கின்றோம்.

நேர்க்கதிர்களைப்பற்றிய ஆராய்ச்சிகளைக் கொண்டு ஆஸ்டன் (Aston) என்பவர் தமது நிறமாலை வரைவி (mass-spectrograph) யைக் கொண்டு பல தனிமங்களின் ஐசோடோப்புகளைக் (isotopes) கண்டுபிடித்தார்.

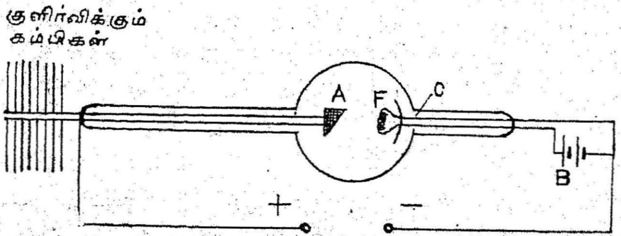
எக்ஸ் கதிர்கள்
(X-rays)

ஜெர்மானிய விஞ்ஞானியான ரான்ட்ஜன் (Roentgen) என்பவர் 1895ஆம் ஆண்டில், மின்சாரமானது மிகவும் குறைந்த அமுக்கமுடைய வாயுக்களின்ஊடே மின்னிறக்கம் செய்யப்படும் போது, என்னென்ன ஏற்படுகின்றன என்பதின் ஆராய்ச்சியில் ஈடுபட்டிருந்தார். அவரின் ஆய்வறையில் நிழற்படத்தட்டுகளைக் கருமையான தாள்களில் சுற்றி வைத்திருந்தார். தற்செயலாக இத் தட்டுகள் மின்னிறக்கக் குழாயின் அருகில் இருந்திருக்கின்றன. இருட்டறையில் குழாயின் அருகில் இருந்த இவைமீது சாதாரண ஒளி யொன்றும் படாத போதிலும், இவற்றின்மீது ஒளிபட்டால் இவை எவ்வாறு தாக்கப்படுமோ அவ்வாறே தாக்கப்பட்டிருப்பதை ரான்ட்ஜன் கண்டார். அடுத்து மின் னிறக்கக் குழாயின் அருகே வைக்கப்பட்ட பேரியம் பிளாடினோ சையனைடு (barium platio cyanide) படிகங்கள் சற்றே மஞ்சள் கலந்த பச்சை நிறத்துடன் ஒளிர்வதையும் கண்டார். இவற்றிற் கெல்லாம், ஒரு வகையான கதிர்வீச்சுதான் காரணம் என்று அவர் முடிவுகட்டினார். வெகுவேகமாகப் பாய்ந்து கண்ணாடிக் குழாயின் சுவரை எதிர் மின்வாய்க் கதிர்கள் தாக்கும்போதுதான் இக் கதிர் வீச்சுகள் தோன்றுகின்றன என்றும், இவை ஆழப்புகுந்து செல்லக்கூடியன என்றும் எண்ணினார். இவ்வகையான புதிர்க் கதிர் வீச்சுக்கு அவர் 'எக்ஸ் கதிர்கள்' எனப் பெயரிட்டார். இதற்குப் பின்பு இத் துறையில் ஏராளமான ஆராய்ச்சிகள் நடை பெற்று, இக்கதிர் வீச்சுகள் யாவும் மின்காந்த அலைகள்தாம் என்றும், இவற்றின் அலை நீளங்கள் புற ஊதாக் கதிர்களின் (ultra violet rays) அலை நீளங்களைவிடச் சிறியவை என்றும் கண்டு பிடிக்கப்பட்டுள்ளது.

கூலிட்ஜ் எக்ஸ்ரே குழாய்
(Coolidge X-ray Tube)

தற்காலத்தில் வெகுவாகப் பயன்படுத்தப்படும் எக்ஸ்ரே குழாயை 1913ஆம் ஆண்டில் கூலிட்ஜ் என்பவர் கண்டுபிடித் தார். இதில் முற்றிலும் வெற்றிடமான கோளவடிவுள்ள கண்ணா

டிக் குழாய் உள்ளது. குவிவடிவிலுள்ள அலுமினியக் கோப்பை யான C என்பதின் மையத்தில், டங்ஸ்டன் (tungsten)ஞல் ஆன மின்னிழைச் சுருள் (filament) F தான் எதிர் மின் வாயாகக் கொள்ளப்படுகின்றது. டங்ஸ்டன் அல்லது மாலிப்டினத்திஞல் ஆன A என்ற தாக்குதளம் (target) தான் நேர் மின் வாயாகும். இது சற்றே தடித்த செம்பிஞல் ஆன கோளுடன் இணைக்கப் பட்டுள்ளது. இக் கோல் குழாயை விட்டும் வெளியே நீட்டிக் கொண்டுள்ளது. வெளி நீட்டிக்கொண்டிருக்கும் இப் பகுதியில், பல சிறு கம்பிகள் (fins) பொருத்தப்பட்டுள்ளன. இக் கம்பி களினுதவியால் வெப்பமான எளிதில் சுற்றுப்புறத்திற்கு வெளியிடப் பட்டு விடுவதால், கோலானது விரைவில் குளிர் அடைகின்றது. அலுமினியக் கோப்பையின் அச்சுக்குச் சரியாக $45°$ இருக்குமாறு தாக்குதளமானது அமைக்கப்படுகின்றது. மின்னிழைக் கம்பி யான F ஆனது குறைந்த மின்னழுத்தம் கொண்ட மின்கல அடுக்கு (B) அமைப்புடன் இணைக்கப்பட்டு, சூடேற்றப்படு கின்றது. இவ்வாறு இது சூடேற்றப்படும்போது இதன் வெப்ப நிலை கிட்டத்தட்ட $2000°C$ வரை உயரும். அப்போது இதி



படம் 363

லிருந்து எலெக்ட்ரான்கள் வெளியிடப்படுகின்றன. ஒரு பெரிய மின் தூண்டு சுருளின், துணைச் சுற்றின் இரு முனைகளையும், மின்னிழைக் கம்பியுடனும், நேர்மின் வாயுடனும் இணைக்கப்படு கின்றன. இதஞல் எதிர்மின் வாயிலிருந்து வெளியிடப்படும் எலெக்ட்ரான்கள் யாவும் மிக அதிகமான வேகத்துடன் உந்தப் படுகின்றன. இவ்வாறு வேகமாகச் செல்லும் எலெக்ட்ரான்கள் தாக்குதளத்தை வேகமாகத் தாக்கும்போது அவைகள் திடீரென்று நிறுத்தப்பட்டுவிடுகின்றன. எனவே, அவற்றின் ஆற்றலின் ஒரு பகுதியானது எக்ஸ் கதிர்களாக மாற்றப்படுகின்றது. நிறுத்தப் பட்டுவிட்ட எலெக்ட்ரான்களின் ஆற்றலின் ஒரு பகுதி வெப்பமாக ஆக்கப்படுவதால், செம்புக் கோலானது விரைவில் சூடேற்றப்பட்டு

விடும். இந்த வெப்பத்தைப் பக்கத்திலுள்ள வெளியில் இழந்து விடச் சிறிய கூர்க்கம்பிகள் உதவி செய்கின்றன; அல்லது சில முன்னேற்றமடைந்த குழாய் அமைப்பில் குளிர்விப்பதற்கென்றே நீர் குளிர்விப்பான் அமைப்பும் உண்டு.

எக்ஸ் கதிர்களின் முக்கிய பண்புகள்

1. பொருள்களினூடே நுழைந்து சென்றுவிடக்கூடிய அத்தகை ஆற்றலைப் பெற்றவைகள் எக்ஸ் கதிர்கள். பல அடிகள் தடிமனுள்ள காற்று ஏட்டில் நுழைந்து செல்லக்கூடியன. எக்ஸ் கதிர்கள் ஓர் ஊடகத்தினுள்ளே செல்லும்போது அக்கதிர்கள் உட்கவரப்படும் அளவு, அந்த ஊடகத்தின் செறிவைப் பொறுத்ததாகும். எக்ஸ் கதிர்கள் அலுமினியத்தினுள் மிக எளிதாகப் புகுந்து வெளிவந்துவிடும். ஆனால், ஈயத்தினுள் நுழைய முடிவதில்லை இந்தப் பண்பைக் கொண்டுதான் மருத்துவத் துறையில் முறிந்துபோன எலும்புகள் போன்றவற்றைக் காண்பதற்கு இக் கதிர்கள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

2. இவைகள் காந்தம் அல்லது மின் புலங்களால் தாக்கப் படுவதில்லை. இதைக் கொண்டுதான் இவை துகள்கள் அல்லவென்றும், மின்காந்த அலை வீச்சுகளே என்றும் அறுதியிட்டுக் கூறமுடிகின்றது. இப் பண்பினால்தான் இவை எலெக்ட்ரான் களிலிருந்து வேறுபடுகின்றன.

3. அவைகள் பொருள்களின்மேல் படும்போது அவற்றை ஒளிரச் செய்கின்றன. பொருள்கள் ஒளிரும்போது வெளியிடப் படும் வண்ணங்கள் அப் பொருள்களின் தன்மைகளைப் பொறுத்துள்ளன. பேரியம் பிளேடினோ சையனைடு பூசிய ஒரு திரையின் மேல் எக்ஸ் கதிர்கள் படும்போது, இவற்றினிடையே உள்ளங்கையைப் பிடித்தோமானால், விரல் எலும்புகளின் நிழல் இத் திரையின் மேல் விழுவதைக் காணலாம்.

4. அவைகளின் வேகம் ஒளியின் வேகத்திற்குச் சமம். இவைகள் இவ் வேகத்துடன் நேர்க்கோட்டிலேயே செல்கின்றன. எனவே, இவற்றின் பாதையில் குறுக்கிடும் ஒளிபுகாப் பொருள்களின் நிழல் படியுமாறு இவை செய்கின்றன.

5. சாதாரண வழிமுறைகளைப் பின்பற்றி இவற்றை எதிரொளிக்கவோ, ஒளிவிலகல் (refraction) செய்யவோ இயலாது. ஆனால், இவைகள் படிகங்களால் சிதறடிக்கப்படுகின்றன.

(scattered). இந்தப் பண்பைக் கொண்டு படிகங்களின் உள்ளமைப்பை (structure)ப் பற்றி நன்கு தெரிந்துகொள்ள முடிகின்றது.

6. இவற்றின் அலைநீளங்கள் சாதாரண ஒளி அலைகளின் நீளங்களைவிட மிகக் குறைவு.

7. அவைகள் பொருள்களின் மேல் விழும்போது அவற்றைச் சூடாக்குவதில்லை. இப் பண்பினால் இது எலெக்ட்ரான்களிலிருந்து மாறுபடுவதை நாம் அறிகிறோம்.

8. எக்ஸ் கதிர்கள் வாயுக்களை அயனியாக்க வல்லன. இவ்வாறு அயனியாக்கப்பட்ட வாயுக்களினூடே பின்பு மின்சாரம் கடத்தப்படலாம்.

9. ஏதாவதொரு பொருளின் மேல் X-கதிர்கள் தாக்கும்போது பின்வரும் (secondary) எக்ஸ் கதிர்களைத் தோற்றுவிக்கின்றன.

எக்ஸ் கதிர்களின் பயன்கள்

எக்ஸ் கதிர்கள் மருத்துவத் துறையில் பெரிதும் பயன்படுகின்றன. உடலில் எப் பகுதியில் கோளாறுகள் உள்ளனவாக நம்பப்படுகின்றதோ, அப் பகுதியின் நிழற்படம் எக்ஸ் கதிர்கள் கொண்டு எடுக்கப்படுகின்றது. பின்பு, இந் நிழற்படத்தை ஆராய்ந்து எலும்புருக்கி நோய், எலும்பு முறிவுகள் போன்றவற்றை எளிதில் கண்டுபிடிக்கலாம். இவ்வகை நிழற்படங்களுக்கு 'ரேடியோ கிராஃப்' (radiographs) எனப் பெயர். உருக்கி வார்க்கும்போது, விரிசல்களோ அல்லது வில்லல்களோ ஏற்பட்டு விட்டனவா என்பதைச் சோதிக்க, பொறியியல் வல்லுநர்கள் ரேடியோ கிராஃப்களைப் பயன்படுத்துகின்றனர். தற்காலத்தில் பொருள்களின் தரத்தை (quality) நிர்ணயிக்க டயர்கள், காலணிகள், உலோக வார்ப்புகள் போன்றவற்றையும் ரேடியோகிராஃப்களைக் கொண்டு சோதனை செய்கின்றனர். மேலும் திட, திரவப் பொருள்களின் படிக உள்ளமைப்புகளைப்பற்றி நன்கு ஆராயவும் எக்ஸ் கதிர்கள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

ஒளிமின் வெளியீடு

(Photo Electric Emission)

சில உலோகங்களின் புறப்புரப்புகளின் மீது சாதாரண ஒளி புற ஊதாக் கதிர்கள், எக்ஸ் கதிர்கள் போன்றவை படும்போது எலெக்ட்ரான்கள் வெளியிடப்படுவதை 1888 ஆம் ஆண்டில்

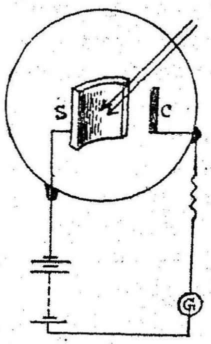
ஹால் வாசஸ் (hallwachs) என்பவர் கண்டுபிடித்தார். இவ் விளைவுக்கு ஒளி-மின் வெளியீடு எனப் பெயர். உலோகங்களின் மீது கதிர் வீச்சுகள் பட்டு எலெக்ட்ரான்கள் வெளியிடப்பட வேண்டுமேயானால், படும் வீச்சுகளின் அதிர்வெண்கள், பயன் தொடக்க அதிர்வெண்ணை (threshold frequency) விடக் குறைந்து இருக்கவேண்டும்.

இத் துறையில் தொடர்ந்து ஆராய்ச்சிகள் நடைபெற்றதன் வாயிலாகக் கீழ்க் காணும் செய்திகள் நமக்குத் தெரியவருகின்றன;

1. வெளியிடப்படும் எலெக்ட்ரான்களின் வேகம் படு-ஒளியின் அதிர்வெண்ணைப் பொறுத்ததே அல்லாமல் அதன் செறிவை (intensity) ப் பொறுத்தது அல்ல.

2. ஆனால் வெளியிடப்படும் எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கை படு-ஒளியின் செறிவைப் பொறுத்துத்தான் உள்ளது.

ஒளி மின் வெளியீட்டின் தத்துவத்தைக் கொண்டு ஒளி-மின் மின்கலம் (photo-electric cell) செய்யப்பட்டுள்ளது.



படம் 364

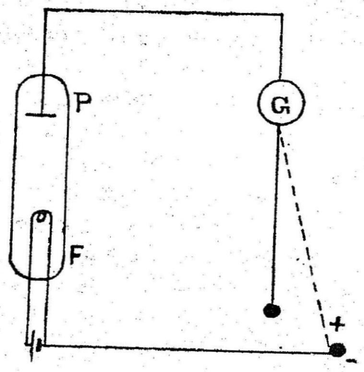
ஒளிக்கற்றையானது S என்ற உலோகப் பரப்பின்மேல் விழுகின்றது. அவ்வமயம் வெளியிடப்படும் எலெக்ட்ரான்கள் யாவும் நேர்மின்னூட்டங் கொண்ட C என்ற சேமிப்பானால் கவரப்படுகின்றன. இதனால் சுற்றில் மின்சாரம் பாய்கின்றது. இதை, கால்வனு மீட்டரில் காட்டப்படும் விலகலில் இருந்து அறியலாம்.

இவ்வகையான மின்கலங்கள் சினிமாத்துறையிலும், தொலைக் காட்சிகளிலும், தானியங்கிக் கருவிகளிலும் வெகுவாகப் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

வெப்ப அயன வெளியீடு
(Thermionic Emission)

ஓர் உலோகக் கடத்தியானது, நல்ல உயர்ந்த வெப்ப நிலைக்கு உயர்த்தப்படும்போது, அது எலெக்ட்ரான்களை வெளியிடுகின்றது. இவ் விளைவுதான் வெப்ப அயன வெளியீடு எனப்படுகின்றது. இதை 1883 ஆம் ஆண்டில் தாமஸ் ஆல்வா எடிசன் என்ற விஞ்ஞான மேதை கண்டுபிடித்தார்.

நன்கு வெற்றிடமாக்கப்பட்ட ஒரு கண்ணாடி பல்பினுள் *F* என்ற மின்னிழைக் கம்பி பொருத்தப்பட்டுள்ளது. *F* ஆனது ஒரு மின்கலத்தினால் சூடாக்கப்படுகின்றது. *P* என்ற தட்டான *G* என்ற கால்வனோ மீட்டரின்மூலம் ஒரு நேர் உயர் மின்னழுத்த மூலத்தின் நேர் முனையுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. சூடாக்கப்



படம் 366

பட்ட *F*-லிருந்து வெளியிடப்படும் எலெக்ட்ரான்களை *P* யானது கவர்ந்து இழுக்கின்றது. எனவே *P*-யிலிருந்து *F*-க்கு மின்சாரம் பாய்வதை, கால்வனோ மீட்டர் காட்டுகின்றது. ஆனால், *P* யானது உயர் மின்னழுத்த மூலத்தின் எதிர் முனையுடன் இணைக்கப்படும் போது மின்சாரம் பாய்வதில்லை. எனவே, இவ்வகை அமைப்பு மின்சாரத்தின் போக்கைப் பொறுத்தவரை ஓர் ஒரு-வழிப்பாதையென (valve) அமைகின்றது.

இவ்வகையான அமைப்பை அடிப்படையாகக் கொண்டு, வால்வுகளில் வியத்தகு முன்னேற்றங்கள் தோன்றி, இப்போது எலெக்ட்ரானியல் (electronics) என்ற ஒரு மாபெரும் விஞ்ஞானத் துறையே தோன்றி வளர்ந்து வருகின்றது.

கலைச் சொற்கள்

(Technical Terms)

A

Abnormal — இயல்புக்கு மாறான
Absolute — தனி, சார்பிலா
Accumulator — மின் சேமக்கலம்
Action — வினை, செயல்
Active Particle — ஊக்கமுள்ள துகள்
Additive — கூட்டு
Adiabatic — வெப்பமாறா
Adjucent Side — அடுத்துள்ள பக்கம்
Agate — அகேட்
Agonic Line — காந்தமாறாக்கோடு, சுழி ஒதுக்கக் கோடு
Air Core — காற்று உள்ளகம்
Algebric Sum — எண்ணியல் தொகை
Alternating Current — மாறுதிசை மின்னோட்டம்
Alternator — திசை மாற்றி
Amalgamation — இரசக்கலவை ஆக்கம்
Ampere — ஆம்பியர்
Amplifying — பெருக்குதல்
Angular Displacement — கோணப் பெயர்ச்சி
Annular — வளை வடிவ
Anode — நேர் மின்வாய்
Angular Momentum — கோண உந்தம்
Anti — நேர் எதிர்
Anti Clock-wise — இடச் சுழியாக
Aperiodic — நேரத் தொடர்பற்ற, அலைவு காட்டா

Aperiodic Galvanometer	—	அலைவு காட்டா கால்வனு மீட்டர்
Apparent	—	தோற்ற வியலான
Aqueous Tension	—	ஈர ஆவியமுக்கம்
Arc	—	வில்
Arc Lamp	—	சுடர் விளக்கு
Arbitrary Constant	—	பொதுவான மாறிலி
Armature	—	ஆர்மெச்சர்
Arrangement	—	அமைப்பு
Artificial Magnet	—	செயற்கைக் காந்தம்
Artificial Transmutation	—	செயற்கைக் கரு மாற்றம்
Assume	—	தற்கோள்
Atomic Energy	—	அணுவாற்றல்
Atomic Magnet	—	அணு காந்தம்
Atmospheric Pressure	—	வளி அழுத்தம்
Attracted Disc Electrometer	—	கவர்ச்சி வட்டு எலெக்டிரோ மீட்டர்
Audio Frequency	—	கேள் திறன் அதிர்வெண்
Auroral Displays	—	துருவ ஒளிகள்
Automobiles	—	தானியங்கிகள்
Axial Line	—	அச்சுக் கோடு

B

Back E.M.F.	—	பின் மின்னியக்கு விசை
Balancing Point	—	சரியீட்டுப் புள்ளி
Balancing Length	—	சரியீட்டு நீளம்
Ball ended Magnet	—	குண்டு முனைக்காந்தம்
Ballistic Galvanometer	—	அலைவு காட்டும் கால்வனு மீட்டர்
Barlo's Wheel	—	பார்லோ சக்கரம்
Bar Magnet	—	சட்டக் காந்தம்
Base Board	—	அடிப்பலகை
Battery	—	மின்கல அடுக்கு, பாட்டரி
Belt	—	பட்டை
Bisector	—	சமவெட்டி
Bichromate Cell	—	பைகுரோமேட் கலம்
Bounding Edge	—	எல்லை விளிம்பு
Brush	—	புருசு
Bunsen Cell	—	புன்சென் கலம்

C

Calibration	— அளவீடு செய், அளவு திருத்தம் செய்
Capacitance	— மின் தேக்குத் திறன்
Capillary	— நுண் புழை
Cathode	— எதிர் மின்வாய்
Cell	— கலம்
Centre of Gravity	— ஈர்ப்பு மையம்
Chapman's Theory	— சேப்மேனின் கொள்கை
Characteristic Curve	— சிறப்பியல் வளைவு
Charge	— மின்னூட்டம்
Chemical Effect	— வேதியல் விளைவு
Choke	— சோக்
Circuit	— சுற்று
Circular Current	— வட்ட மின்னோட்டம்
Clock wise	— வலஞ் சுழியாக
Closed Circuit	— பூட்டிய சுற்று
Coaxial Coil	— ஓரச்சுச் சுருள்
Coaxially	— ஓரச்சு
Coefficient of Coupling	— இணைப்புக் குறிஎண்
Coefficient of Dumping	— தடை எண்
Coefficient of Electrical Conducting	— மின் கடத்து திறன் பெருக்கெண்
Coefficient of Expansion	— பெருக்க எண்
Coefficient of Thermal Conductivity	— வெப்பக் கடத்துதிறன் பெருக்கெண்
Coefficient of Mutual Induction	— பரிமாற்று மின் தூண்டல் எண்
Coefficient of Viscosity	— பாகியல் எண்
Coercive Force	— காந்த நீக்கு விசை
Cohesive Force	— ஒட்டு விசை
Coiled Coil	— சுருள்மேல் சுருள்
Combination of Resistances	— கூட்டுத் தடைகள்
Combined Field	— கூட்டுப் புலம்
Commutator	— திசை மாற்றி
Compass Box	— காந்தமுள் பெட்டி
Compensating Coil	— சமனச் சுருள்
Component	— கூறு
Compound Dielectric	— கூட்டு மின் கடத்தாப் பொருள்
Compound Wound	— கூட்டுச் சுற்று

Concentration — செறிவு
Concentric — பொது மையம்
Condenser — மின் தேக்கி
Conducting — கடத்தல்
Conservation of Energy — ஆற்றலின் அழிவின்மை
Contact — தொடுகை
Convection Current — தகைப்பு ஓட்டம்
Convectional Current — தகைப்பு ஓட்டம்
Couple — இரட்டை
Couple/unit twist — சுழல் இரட்டை/முறுக்கு
Coupling Constant — இணைப்பு மாறிலி
Current — மின்னோட்ட உணர்திறன்
Current Density — மின்னோட்டச் செறிவு
Current Strength — மின்னோட்ட வலிமை
Cycle — சைக்கிள், சுற்று
Cyclic State — சுற்றுத் தன்மை
Cylinder — நீள் உருளை

D

Damping — தடையுறு
Daniell Cell — டேனியல்-கலம்
Dead Beat — அலைவில்லா
Decay — சிதைவு
Declination — ஒதுக்கம்
Decomposition — பிரிகை
Deflecting Couple — விலக்கு இரட்டை
Deflecting Field — விலகுபுலம்
Deflection — விலகல்
Deflection Magnetometer — விலகு காந்தமானி
Demagnetisation — காந்த நீக்கம்
Denominator — தொகுதி
Density — அடர்த்தி
Depolarisers — முனைவு நீக்கிகள்
Descending Characteristic — இறக்கச் சிறப்பியல்
Dia — டயா
Diaphram — இடைத்திரை
Dielectric Constant — மின் கடத்தாப் பொருள் மாறிலி
Differentiating — பகுப்பு
Dilution — செறிவு குறைத்தல்

Dip	—	சரிவு
Dipcircle	—	சரிவு வட்டம்
Direct Current	—	நேர்த்திசை மின்னோட்டம்
Disc	—	வட்டு
Discharge	—	மின் இறக்கம்
Divalent	—	இரட்டைக் கூடுகை
Divided Touch Method	—	இருமுனைத் தேய்ப்பு முறை
Double Throw Switch	—	இரட்டை வீச்சு ஸ்விட்சு
Drum	—	பறை
Dry Cell	—	பசை மின்கலம்
Dust Particle	—	தூள் துகள்கள்
Dynamic	—	இயக்கம்
Dynamical Equilibrium	—	இயக்கச் சமநிலை
Dynamo	—	டைனமோ

E

Earth Inductor	—	புவித் தூண்டு மின் சுருள்
Earthed	—	நில இணைப்புற்ற
Ebonite	—	எபொனைட்
E. C. E.	—	மின் வேதிய எண்
Eddy Current	—	சுழி ஓட்டம்
Effective Area	—	செயலுறு பரப்பு
Efficiency	—	பயனுறு திறன்
Electric Fuses	—	மின் உருகிகள்
Electrical Conduction	—	மின் கடத்தல்
Electrical Intensity	—	மின் செறிவு
Electrical Oscillations	—	மின் அலைவுகள்
Electricity	—	மின்சாரம்
Electric Heater	—	மின் அடுப்பு
Electric Power	—	மின் திறன்
Electrode	—	மின்வாய்
Electro Dynamic	—	மின்னியக்கம்
Electro Dynamometer	—	மின் டைனமோ மீட்டர்
Electrolysis	—	மின்னாற் பகுப்பு
Electrolyte	—	மின் பகு திரவங்கள்
Electro Magnet	—	மின் காந்தம்
Electro Magnetic	—	மின் காந்தம்
Electro Magnetic Induction	—	மின் காந்தத் தூண்டல்
Electro Magnetic Unit	—	மின்காந்த அலகு
Electron	—	எலெக்டிரான்

Electron Phorus	—	மின் ஊற்று
Electro plating	—	மின் முலாம் பூசுதல்
Electro static	—	நிலை மின்னியல்
Electro typing	—	மின்முறை எழுத்தியற்றல் (மின் அச்சு எடுத்தல்)
Electrolytic Cell	—	மின்னாற் பகுப்பு மின்கலம்
Elements	—	தனிமங்கள்
Elevation of Boiling Point	—	கொதிநிலை ஏற்றம்
Empirical Law	—	அனுபவ விதி
End Resistance	—	முனை மின் தடை
Equatorial Line	—	நடுக்கோடு
Equilibrium	—	சமநிலை
Equipotential	—	சம அழுத்தப் பரப்பு
Equitorial Line	—	மையக் கோடு
Equivalent	—	இணை மாற்று
Equivalent Weight	—	இணை மாற்று எடை
Erg	—	எர்க்
Error	—	பிழை
Extra Polation	—	அதிகச் செருகல்

F

Ferro	—	ஃபெரோ
Field	—	புலம்
Field Coil	—	புலச்சுருள்
Figure of Merit	—	இலக்கு உணர்வு நுட்பத்திறன்
Filament	—	மின்னிழை
Fleming's Left Hand Rule	—	பிளமிங்கின் இடக்கை விதி
Fluoroscent	—	ஒளிருதல்
Fluid	—	பாய்பொருள்
Flux Density	—	பாயச் செறிவு
Fourier	—	ஃபூரியர்
Frame	—	சட்டம்
Free Atom	—	தனிஅணு
Free Electron	—	தனி எலெக்ட்டிரான்; சுதந்திர எலெக்ட்டிரான்
Free Magnetism	—	தனிக்காந்தம்
Freezing Point	—	உறைநிலை
Frequency	—	அதிர்வெண்
Fulcrum	—	தாங்கு புள்ளி
Fundamental	—	அடிப்படை

G

Galvanoscope	—	கால்வனுஸ்கோப்
Gauss Proof	—	காஸின் நிருபணம்
Gauss Theorem	—	காஸ் தேற்றம்
Generator	—	இயற்றி
Geographical North Pole	—	புவியியல் வடமுனை
Geometric Axis	—	வடிவியல் அச்சு
Geometric	—	ஜியோமிதி; வடிவியல்
Gramme Armature	—	கிராம் ஆர்மெச்சூர்
Gold leaf Electroscope	—	தங்க இலை எலெக்ட்டிராஸ் கோப்
Grouping of Cells	—	மின்கலங்களின் தொகுப்பு
Guard ring	—	காப்பு வளையம்
Gyroscope	—	ஜைராஸ்கோப்

H

Head-phone	—	தலை ஒலியம்
Heating effects	—	வெப்ப விளைவுகள்
Hentry	—	ஹெண்ட்ரி
Hetrostatically	—	மாறு அழுத்தமுறை
Hollow Charged Spherical Conductor	—	மின்னூட்டப் பெற்ற உள்ளீடற்ற ஒரு கோளக் கடத்தி
Horizontal Intensity	—	கிடைச்செறிவு
Horizontal Axis	—	கிடைஅச்சு
Hysterisis Loss	—	தயக்க இழப்பு
Hysterisis Loop	—	தயக்கக் கண்ணி

I

Idiostatically	—	சம அழுத்தமுறை
Incandacense	—	வெண்சுடர்
Induced Current	—	தூண்டப்பட்ட மின்னோட்டம்
Induced E.M.F.	—	தூண்டு மின்னியக்குவிசை
Induction Coil	—	தூண்டு மின்சுருள்
Inductance	—	மின் நிலைமம்
Induction Furnace	—	தூண்டு உலை
Inductive	—	தூண்டல்
Inductive Circuit	—	தூண்டுச் சுற்று
Induction' Motor	—	தூண்டு மோட்டார்
Inductor	—	தூண்டு மின்னோட்டி

Insulation — காப்பு
Interior — இடையீடு
Infinity — ஈறிலி; எண்ணிலி
Infinite Plane — ஈறிலித்தளம்
Integration — குழுநி ஆக்கம்
Intensity of the Field — புலச்செறிவு
Interact — குறுக்குவினை
Internal resitsance — அகமின்தடை
Inverse Square Law — இருமடி எதிர்விதி
Impedence — மின் எதிர்ப்பு
Impulse — கனத்தாக்கு
Ionisation — அயனியாக்கம்
Ionisation Chamber — அயனிக்கலம்
Ionised — அயனியாதல்
Isogouals — சம ஒதுக்கக் கோடுகள்
Isoclinical — சம சரிவுக்கோடு
Isothermal — சமவெப்பநிலை
Iron Core — இரும்பு உள்ளகம்
Irreversible — நேர்-எதிர்

J

Jerks — குதிப்பு, தெறி
Jockey — தொடுகோடு

K

Kations — நேர் அயனிகள்
Keeper — காப்பான்
Key — சாவி
Kick — வீச்சு
Kinetic Energy — இயக்க ஆற்றல்

L

Lamp and Scale — விளக்கு, அளவுகோல் அமைப்பு
Laplace's Law — லேப்லாசின் விதி
Law — விதி
Layer — அடுக்கு
Least — மீச்சிறு
Leclance Cell — லெக்லாஞ்சி கலம்
Lenz's Law — லென்ஸ் விதி

Levelling Screws	—	சரிமட்டத் திருகாணிகள்
Leyden Jar	—	லேடன் ஜாடி
Limiting Value	—	எல்லை மதிப்பு, வரம்பு மதிப்பு
Line Integral	—	வரித்தொகை குழுநி
Linear Conductor	—	நீள் கடத்தி
Lines of Force	—	விசைக் கோடுகள்
Load Current	—	பளு மின்னோட்டம்
Local Action	—	உள்ளிட நிகழ்ச்சி
Local Current	—	உள்ளிட மின்னோட்டம்
Logarithamic Dicrement	—	லாக்ரதமிக் குறை எண்
Loop	—	வளை
Loud speaker	—	ஒலி பெருக்கி
Low tension Battery	—	குறை மின்னழுத்தபாட்டரி
Luminous	—	ஒளி விளக்க
Lunar	—	நிலவு

M

Machine	—	எந்திரம்
Magnetic Field	—	காந்தப்புலம்
Magnetic Flux	—	காந்தப் பாயம்
Magnetic Lines of Force	—	காந்த விசைக்கோடுகள்
Magnetic Meridian	—	காந்தத் துருவத்தளம்
Magnetic Shell	—	காந்தச் சில்லு
Magnetic Saturation	—	காந்தத் தெவிட்டுநிலை
Magnetic Susceptibility	—	காந்த ஏற்புத்திறன்
Magnetisation	—	காந்தமாக்கல்
Magneto Machine	—	காந்தப்பொறி
Magnetometry	—	காந்த அளவியல்
Magnitude	—	அளவெண்
Mass	—	பொருண்மை, நிறை
Material	—	பருப்பொருள்
Maximum	—	பெருமம்
Maximum Value	—	பெரும அளவு
Maxwell's Cycle Current	—	மேக்ஸ்வெல்லின் சுழற்சி மின்னோட்டம்
Mean	—	சராசரி
Mechanical Equivalent of Heat	...	வெப்ப-எந்திர ஆற்றல் இணை மாற்று
Mechanical Force	—	எந்திரவிசை
Meridian	—	துருவத்தளம்

Mesh — வலை
Metre Bridge — சுற்றமைப்பு
Migration — பெயர்ச்சி
Minimum — சிறுமம்
Mixed Grouping — கலவைத் தொகுப்பு
Molecular — மூலக்கூறு
Moment — திருப்புத் திறன்
Moment of Couple — இரட்டையின் திருப்புத்திறன்
Moment of Inertia — நிலைமத் திருப்புத்திறன்
Momentum — உந்தம்
Monovalent — ஒற்றைக் கூடுகை
Morse Key — மோர்ஸ் சாவி
Morse Sounder — மோர்ஸ் ஒலி எழுப்பான்
Motion — இயக்கம்
Motors — மோட்டார்கள்
Mouth Piece — வாயிடம்
Moving Coil — அசைவுச் சுருள்
Moving Magnet — அசைவுக் காந்தம்
Moving Mirror Glavanometer — அசைவாடி கால்வனோ மீட்டர்
Mutual Inductance — பரிமாற்று மின்தூண்டல் எண்

N

Natural Frequency — இயல் அதிர்வெண்
Negative — எதிர்
Neutral Molecule — நடுவியல் மூலக்கூறு
Neutral Temperature — திருப்பு வெப்பநிலை
Normal — இயல்பான நேர்குத்துக்கோடு
N-th Power — n–ஆவது மடி
N. T. P. — படித்த வெப்பநிலையும் அழுத்தமும்
Nucleus — அணுக்கரு
Null Point — சுழிவலிமைப் புள்ளி

O

Oersted — ஓர்ஸ்டெட்
Ohm's Law — ஓமின் விதி
Open Circuit — திறந்த சுற்று
Oscillatary Circuit — அலைவுச் சுற்று
Osmotic Pressure — சவ்வூடுபரவுகை அழுத்தம்
Oxidising Agent — ஆக்ஸிகரணி

P

Paddle	—	துடுப்பு
Para	—	பெரா
Parabola	—	பரவளையம்
Parallax error	—	இடமாறு தோற்றப்பிழை.
Parallel	—	இணை
Parallelogram	—	இணைகரம்
Parallel Grouping	—	இணைத் தொகுப்பு
Paraffined Papers	—	மெழுகுக் காகிதங்கள்
Period of Oscillation	—	அலைவு நேரம்
Permanent Magnet	—	நிலைக்காந்தம்
Permeability	—	உட்புகுதிறன்
Phase	—	கட்டம்
Pivot	—	சுழற்சித் தானம்
Plane Circular	—	சமதள வட்டம்
Plug Key	—	முளைச்சாவி
Pointer	—	குறிமுள்
Point Pole	—	புள்ளிமுனை
Polarisation	—	தளவிளைவு
Pole	—	முனை
Pole Strength	—	முனைவலிமை
Porous Pot	—	நுண்துளைப் பாண்டம்
Positive	—	நேர்
Post Office Box	—	P.O. பெட்டி
Potential	—	அழுத்தம்; மின்னழுத்தம்
Potential Difference	—	மின்னழுத்த வேறுபாடு
Potential Energy	—	நிலை ஆற்றல்
Potential Gradient	—	மின்னழுத்தவாட்டம்
Potentiometer	—	மின்னழுத்தமானி
Power	—	திறன்
Power Factor	—	திறன் எண்
Practical Unit	—	செய்முறை அலகு
Pressure	—	அழுத்தம்
Primary Cell	—	முதன்மைக் கலம்
Primary Coil	—	முதன்மைச் சுருள்
Principle	—	தத்துவம்

Projection	—	எறிதல்
Pulley	—	கப்பி

Q

Quadrant	—	குவாட்ரன்ட்

R

Radial Field	—	ஆரக்கால் புலம்
Radiation	—	வீசுகதிர்
Radiator	—	வீசுகதிர் மூலம்
Random	—	ஒழுங்கற்ற
Rarefaction	—	அடர் குறைப்பு
Rate of Fall	—	வீழும் வீதம்
Reactance	—	மறுப்பு
Receiver	—	ஏற்பி
Reciprocal	—	மாறுதலையாக ஒன்றின் கீழ் மதிப்பு
Recording	—	பதிவீடு
Reduction Factor	—	சுருக்க எண்
Regulator	—	ஒழுங்கு செய் கருவி
Relative Motion	—	சார்பியக்கம்
Repulsion	—	எதிர்த்துத் தள்ளுதல்
Reservoir	—	மூலம்
Residual Magnetism	—	மீந்தக் காந்தம்
Resistance	—	தடை
Restoring Couple	—	மீட்சி இரட்டை
Result	—	விளைவு
Resultant	—	விளைவு
Resultant P. D.	—	விளைவு மின்னழுத்த வேறுபாடு
Retarding	—	வேகத்தளர்ச்சி செய்தல்
Retentivity	—	பற்றுத்திறன்
Reversible	—	நேர்எதிர்
Reversible Cell	—	நேர்எதிர் மின்கலம்
Revolution	—	சுற்று
Rheostat	—	மின்தடைமாற்றி
Right handed screw	—	வலமறை

Rigidity Modulus — விறைப்புக் குணகம்
Root Mean Square — சராசரி இருமடியின் இருமடி மூலம்
Rotation — சுழற்சி
Rotor — சுழலி
Running Temperature — தாங்கு வெப்பநிலை

S

Saturate — தெவிட்டிய
Saturation — தெவிட்டுநிலை
Saturated Vapour Pressure — தெவிட்டிய ஆவி அழுத்தம்
Sector — வட்டப்பகுதி
Secular Changes — லௌகிகமாற்றம்
Second — விநாடி
Secondary Cell — துணைமின்கலம்
Secondary — துணை; பின்வரு
Seebeck Effect — சீபெக் விளைவு
Selectivity — தேர் திறன்
Self Induction — தன் தூண்டல்
Self-Inductance — தன் மின் நிலைம எண்
Sensitive — உணர்வு நுட்பம்
Sensitiveness — உணர்வு நுட்பம்
Series Grouping — தொடர் இணைத் தொகுப்பு
Series-Parallel Grouping — தொடரிணை-பக்க இணைத் தொகுப்பு
Series Resonant — தொடரிணை ஒத்திசை
Series Round — தொடர்சுற்று
Sharing of Charge — மின்னூட்டப் பகிர்வு
Sharpness of Resonance — ஒத்ததிர்வின் கூர்மை
Shunt — இணைத்தடம்
Shunt Wond — இணைத்தடச் சுற்று
Shell — கூடு
Simple Magnetic Shell — தனிக்காந்தச் சில்லு
Simple Harmonic Motion — சீரிசை இயக்கம்
Simple Voltaic Cell — தனிவோல்ட்டா கலம்
Sine Curve — சைன் வளைவு
Sine Galvanometer — சைன் கால்வனு மீட்டர்
Single Touch Method — ஒருமுனைத் தேய்ப்பு

Sinusoidal — சைனுசாய்டல்
Skin Effect — புறவிளைவு
Slab — பட்டகம், பாளம்
Slit — பிளவொளி
Sliding — வழுக்கல்
Soft Iron — மென்னிரும்பு; தேனிரும்பு
Solenoid — வரிச்சுருள்
Solid Angle — திண்மக் கோணம்
Solute — கரைபொருள்
Source — மூலம்
Spark — பொறி
Spark Gap — பொறி இடைவெளி
Specific Conductivity — தற்கடத்துத் திறன்
Specific Conductance — தன்கடத்துத் திறன்
Specific Gravity — ஒப்படர்த்தி
Specific Heat — வெப்பஎண்
Specific Inductive Constant — மின்கடவாப் பொருள் மாறிலி
Specific Resistance — தன்தடைஎண்
Speedometer — வேகமானி
Spherical Shell — கோளஓடு
Spherically Symmetrical — கோளச்சீர்
Spirit Level — இரசமட்டம்
Split — உடைத்தல்
Spring — சுருள்கம்பி
Square — இருமடி
Stage — நிலை
Standardise — படித்தரமாக்கல்
Standard Resistance — படித்தர மின்தடை
Stator — நிலைக்கூறு; ஸ்டேடர்
Stat Volt — ஸ்டாட் வோல்ட்
Steady Current — நிலைஓட்டம்
Storage Cell — சேமக்கலம்
Step down — மின்னழுத்த தாழ்வடுக்கு
Step up — மின்னழுத்த உயர்வடுக்கு
Stirrup — கொக்கி
Stop Cock — நிறுத்து அடைப்பான்
Stress — தகைவு

Stretching — நீட்டம்
Studs — குமிழ்கள்
Surface — புறப்பரப்பு
Surface Tension — பரப்பு இழுவிசை
Susceptibility — ஏற்புத்திறன்
Suspended Coil — தொங்குசுருள்
Suspension Fibre — தொங்குமிழை
Switch — ஸ்விட்சு
Symmetrical — சமச்சீரான

T

Tangent Galvanometer — டேஞ்சன்ட் கால்வனு மீட்டர்
Tangent Law — டேஞ்சன்ட்விதி
Tap Key — தட்டுச்சாவி
Temperature — வெப்பநிலை
Temperature Coefficient of Resistance — மின்தடை வெப்பநிலை எண்
Temperature of Inversion — புரட்டுவெப்பநிலை
Tensile Strength — நீட்சிவலிமை
Terminal — முனை
Terrestrial Magnetism — புவிக்காந்த இயல்
Tesla Coil — டெஸ்லா சுருள்
Texolite — டெக்ஸோலைட்
Theory — கொள்கை
Thermal Capacity — வெப்ப ஏற்புத்திறன்
Thermo Chemical — வெப்ப வேதியியல்
Thermo - Couple — வெப்பமின் இரட்டை
Thermo Dynamics — வெப்பவியக்கவியல்
Thermo Electric Current — வெப்ப மின்னோட்டம்
Thermo Electric Line — வெப்பமின்கோடு
Thermo Electric Power — வெப்பமின்திறன்
Thermo Electric Eme — வெப்பமின் மின்னியக்குவிசை
Thermo Electricity — வெப்ப மின்னியல்
Thermo Elements — வெப்பத் தனிமங்கள்
Thermo E.M.F. — வெப்ப மின்னியக்குவிசை
Thermometer — வெப்ப நிலைமானி
Thermo Pile — வெப்பமின் இரட்டை அடுக்கு

Thickness — தடிமன்
Tinfoil — தகரமென்தகடு
Titration — டைட்டிரேசன்
Torsional Wead — முறுக்குமுகடு
Torque — இரட்டைத் திருப்புத் திறன்
Torsion — முறுக்கு
Torsion Balance — முறுக்குத் தராசு
Transformer — மின்மாற்றி
Translatory Force — நேர்ப்பெயர்ச்சி விசை
Transmitter — பரப்பி
Tubes of Force — விசைக்கற்றை
Tunned Circuit — மாறு மின்னோட்டம்
Twist — முறுக்கு
Twisting Couple — முறுக்கு இரட்டை

U

Unit Area — அலகு பரப்பு
Unit Magnetic Field — அலகு காந்தப்புலம்
Unit North Pole — அலகுவடமுனை
Unit Positive Charge — அலகு நேர் மின்னூட்டம்
Universal Shunt — பொது இணைத்தடம்
Unlike Pole — வேற்றுமுனை

V

Vacuum Chamber — வெற்றிட அறை
Valency — கூடுகை
Vapour Pressure — ஆவி அழுத்தம்
Vector — வெக்டார்
Velocity — திசைவேகம்
Vernier — வெர்னியர்
Vertical Intensity — செங்குத்துச் செறிவு
Vibration magnetometer — அலைவுக்காந்தமானி
Viscous Force — பாகுநிலைவிசை
Volrage — மின்னழுத்தம்
Voltaic Cell — வோல்ட்டா மின்கலம்
Volta Meter — வோல்ட்டா மீட்டர்
Volume — பருமன்

W

Wattage	—	வாட்டேஜ்
Wattless	—	வாட்டில்லா
Wheatstone Bridge	—	வீட்ஸ்டோன் சுற்றமைப்பு
Wireless	—	கம்பியில்லாத் தந்தி
Work Done	—	செயல்பட்ட

X

X-axis	—	எக்ஸ் அச்சு
X-Rays	—	எக்ஸ் கதிர்கள்

Y

Y-Axis	—	y-அச்சு

Z

Zero	—	சுழி

தமிழ் வெளியீட்டுக் கழகம்

சென்னை - 1

1970 ஜனவரி வரை வெளியிட்டுள்ள நூல்கள்

பொருளாதாரம்

				ரூ.	பை.
*1.	பொருளாதாரம்—I	...	சி. வேலாயுதம்	... 6	50
*1-A.	,, II	...	,,	... 9	00
*2.	சோவியத் பொருளாதார வளர்ச்சி	...	டாக்டர் எம். ஜே. கே. தவராஜ்	... 4	25
*3.	அமெரிக்கப் பொருளாதாரம்	...	,,	... 4	50
*4.	பொருளாதாரச் சிந்தனை வரலாறு	...	சோணாசலம்	... 7	00
*5.	பன்னாட்டு வாணிபம்	...	மு. ஆரோக்கியசாமி	... 6	00
6.	புதுமைப் பொருளாதாரக் கூறுகள்	...	திருமதி ஆர். தாமரஜாட்சி	... 12	00
7.	பொருளாதாரம்—ஓர் அறிமுகம்—I	...	தி. சி. மோகன்	... 12	00
8.	,, II	...	எம். ஏ. ஆபூர்வசாமி, பி. வி. ஸ்ரீநிவாசன்	... 10	75
9.	பொருளாதாரக் கோட்பாடு வளர்ந்த வரலாறு	...	க. முத்தையன்	... 7	00
*10.	பணவியலும் பாங்கியலும்—I	...	சி. வேலாயுதம்	... 6	75
*11.	,, II	...	,,	... 11	50
12.	நவீன பாங்கு இயல்	...	க. வெற்றிவேல்	... 7	50
*13.	இந்தியச் செலாவணியும் பாங்கு முறையும்	...	பி. வி. ஸ்ரீநிவாசன்	... 5	50
*14.	அரசாங்க நிதி இயல்	...	அர. சேஷாசலம்	... 4	75
15.	இந்தியப் பொருளியல்—I.	...	எம். பாலசுப்பிரமணியன்	... 10	00
16.	,, II	...	எம். லூர்துநாதன்	... 4	25

*மூலநூல் (Original Book)

				ரூ.	பை.
17.	நமது பொருளாதாரப் பிரச்சினை—I	...	சி. சுந்தரராஜன்	10	75
18.	,, II	...	எஸ். குழந்தைநாதன்	10	50
19.	இங்கிலாந்தின் பொருளாதார வரலாறு—I	...	கீ. சீ. இராமசாமி	6	00
20.	,, II	...	,,	6	00
21.	அமெரிக்காவின் நவீன பொருளாதார வளர்ச்சி	...	தி. சி. மோகன்	5	00
22.	அமெரிக்கப் பொருளாதார வரலாறு—I	...	மு. க. சுப்பிரமணியம்	11	00
23.	,, II	...	பி. வி. சீனிவாசன்	6	00
24.	,, III	...	,,	6	50
25.	அரசாங்க நிதியியலின் பொருளர்தாரம்—I	...	மா. குமாரசாமி	10	00
26.	,, II	...	அர. சேஷாசலம்	9	50
27.	இந்தியாவின் பொருளாதார வளர்ச்சி—I	...	தே. வேலப்பன்	10	00
28.	,, II	...	ஜி. சிதம்பரம்	8	00
29.	பணம் – சிறு விளக்கம்	...	கோ. இராதாகிருஷ்ணன்	10	00
*30.	வணிக இயலின் தத்துவங்கள்	...	கு. ஆளுடைய பிள்ளை	9	50
31.	பத்தொன்பதாம் நூற்றுண்டில் கிரேட் பிரிட்டனில் தொழில்-வாணிகப் புரட்சி	...	கூ. ரா. கருப்பண்ணன்	11	00
32.	பென்ஹாம் பொருளாதாரம்—I	...	ஏ. குழந்தை	11	00
33.	,, II	...	எஸ். குழந்தைநாதன்	7	00
*34.	வரவு செலவுத் திட்டம்	...	ஆர். ரங்காச்சாரி	6	00
35.	பன்னாட்டுப் பொருளாதாரம்—I	...	ஏ. குழந்தை	7	50
36.	,, II	...	கே. எஸ். இராமசாமி	9	00
37.	பொருளாதார ஆய்வு நூல்—I	...	கோ. இராதாகிருஷ்ணன்	7	75
38.	,, II	...	,,	7	00
39.	வளர்ச்சியுருத நாடுகளின் அரசாங்க நிதியியல்	...	க. வெற்றிவேல்	4	25
40.	வளர்ச்சி குறைந்த நாடுகளின் முதலாக்கம்பற்றிய சிக்கல்கள்	...	மா. குமாரசாமி	5	50
41.	1939 முதல் இந்தியாவில் பணவீக்க விலைப் போக்குகள்	...	சி. சுந்தரராஜன்	7	50

			ரூ	பை.
42.	பொருளாதார வளர்ச்சிபற்றிய கட்டுரைகள்	எம். கே. சுப்பிரமணியம்	7	75
43.	இந்தியப் பொருளாதார வரலாறு (1857-1956)—I	ம. திருநாவுக்கரசு	7	00
44.	பொருளாதாரம்—ஓர் அறிமுகம்	பு. வி. சீனிவாசன்	6	25

வரலாறு

*45	பிரிட்டன் வரலாறு—I	கி. ர. அனுமந்தன்	4	50
*46.	,, II	,,	3	50
*47.	,, III	,,	7	25
*48.	ஐரோப்பிய வரலாறு—I	டி. வி. சொக்கப்பா	4	50
49.	ஐரோப்பா—கடந்த ஐந்து நூற்றுண்டுகாலச் சரித்திரம்	வை. விருத்தகிரீசன்	15	00
50.	இங்கிலாந்து வரலாறு—I	இரா அண்ணாமலை	13	00
51.	,, II	பா. மாணிக்கவேலு	13	00
52.	,, III	என். ஜே. ராஜகோபால்	8	00
53.	,, IV	,,	8	00
54.	இங்கிலாந்தின் வரலாறு—I	க. த. திருநாவுக்கரசு	15	00
55.	,, II	எம். எக்ஸ். மிராண்டா	8	00
56.	,, III	,,	5	00
57.	இந்தியாவின் சிறப்பு வரலாறு—I	தி. வெ. குப்புசாமி	7	50
58.	,, II	ஏ. உஸ்மான் ஷெரீப்	9	00
59.	,, III	அ. பாண்டுரங்கன்	11	00
60.	கிரேக்கநாட்டு வரலாறு—I	சைமன் ஐ. எஸ். பாக்கியநாதன்	7	50
61.	,, II	,,	7	00
62	,, III	பி. இராமாநுஜம் தேவதாஸ்	7	75
63.	ஆக்ஸ்ஃபோர்டின் இந்திய வரலாறு—I	தி. வெ. குப்புசாமி	8	25
64.	,, II	ஏ. உஸ்மான் ஷெரீப்	7	50
65	,, III	க. த. திருநாவுக்கரசு	10	50

*மூலநூல் — Original Book)

			ரூ.	பை.
66.	முகலாயப் பேரரசு—I	ஏ. உஸ்மான் ஷெரீப் எம். எக்ஸ். மிராண்டா,	7	50
67.	,, II	எம். எக்ஸ். மிராண்டா, பா. மாணிக்கவேலு	7	75
68.	ஆங்கில அரசியலமைப்பின் வரலாறு—I	வை. விருத்தகிரீசன்	7	50
69.	,, II	வை. விருத்தகிரீசன், இரா. அண்ணுமலை	6	75
70.	,, III	இரா. அண்ணுமலை, பா. மாணிக்கவேலு	6	50
71.	,, IV	பா. மாணிக்கவேலு	7	00
72.	ஆங்கிலேயரின் சமுதாய வரலாறு—I	சி. ஈ இராமச்சந்திரன்	6	50
73.	,, II	சி. ஈ. இராமச்சந்திரன், இர. ஆலாலசுந்தரம்	6	75
74.	,, III	ஆர். ஆலாலசுந்தரம்	6	50
75.	இந்தியாவில் மொகலாயரின் ஆட்சி—I	பா. மாணிக்கவேலு	5	00
76.	,, II	ஏ. உஸ்மான் ஷெரீப்	6	00

அரசியல்

77.	அரசியல் அமைப்புகள்	ஜே. இராமச்சந்திரன்	4	62
78.	அரசாங்கத்தின் வரலாறு	மோ. கிளாரன்சு, டி. டி. பெலிக்ஸ்	7	50
*79.	இந்திய அரசியலமைப்பு	வீ. கண்ணையா	4	75
80.	அரசியலுக்கு ஓர் அறிமுகம்	டி. செல்லப்பா	8	50
81.	தற்கால அரசியல் அமைப்புகள்	மோ. வள்ளுவன் கிளாரன்சு	8	50
82.	பன்னாட்டு அரசியல்—I	திருமதி நூர்ஜஹான் பாவா	16	00
83.	,, II	,,	13	25
84.	பொதுத்துறை ஆட்சியியல்—I	வீ. கண்ணையா	9	00
85.	,, II	அ. ஜெகதீசன்	7	25
86.	பொதுத்துறை ஆட்சியியலுக்கு ஓர் அறிமுகம்—I	வீ. கண்ணையா	7	50
87.	,, II	டி. செல்லப்பா	7	50

			ரூ.	பை.
88.	இந்திய அரசியலமைப்புத் திட்டம்	தி. வெ. குப்புசாமி, எஸ். சுப்பிரமணியன்	9	25
89.	இந்திய ஆட்சி அமைப்புமுறை வளர்ச்சி—I	வீ. கண்ணையா	6	25
90.	,, II	வீ. கண்ணையா, கி. ர. அனுமந்தன்	5	75
91.	,, III	கி. ர. அனுமந்தன்		
*92.	மக்கள் ஆட்சி	க சந்தானம்	4	25
93	1919 முதல் சர்வதேச உறவுகளும் உலக அரசியலும்	என். ஜே. ராஜகோபால்	7	75
94.	சமூக, அரசியல் கொள்கையின் அடிப்படைகள்	மோ. வள்ளுவன் கிளாரன்ஸ்	7	00
95.	அரசியலமைப்புச் சட்ட ஆய்வுக்கு ஓர் அறிமுகம்-I	பா. சூரியநாராயணன்	5	75
96.	,, II	பா. சூரியநாராயணன், கி. ர. அனுமந்தன்	6	00
97.	,, III	கி. ர. அனுமந்தன்	5	75

உளவியல்

98.	குழந்தை உளவியல்—I	கி ர. அப்புள்ளாச்சாரி	8	00
99.	,, II	,,	7	00
100	உட்கவர் மனம்	சி. ந. வைத்தீஸ்வரன்	7	00
101.	இளையோர் உளவியல்—I	தி. இரா. அரங்கராசன்	12	00
102.	,, II	,,	9	00
103.	சமூக உளவியல்	என். வேதமணி மானுவேல்	9	25
104.	பிறழ்நிலை உளவியல்	அ. பெசென்ட் கிரீப்பர்ராஜ்	11	00
105.	பித்தரின் உள்ளம்	,,	3	00
*106.	குமர உள்ளம்	டாக்டர் மு அறம்	6	25

தத்துவம்

107.	இந்து சமயத் தத்துவம்	ஞா. ராஜாபகதூர்	5	50

*மூலநூல் (Original Book)

			ரூ.	பை.
*108.	அறிவு ஆராய்ச்சி இயல்	ஆர் ராமானுஜாச்சாரி	3	50
*109.	மேலைநாட்டுத் தத்துவம்	ஆர். எஸ். தேசிகன்	3	50
110.	அத்துவித தத்துவம்	கோ. மோ. காந்தி	6	50
111.	ஆங்கிலேயப் பயன்வழிக் கொள்கையினர்	மோ. வள்ளுவன் கிளாரன்சு	5	50
112.	இந்தியத் தத்துவம்—I	வ. அ. தேவசேனபதி, பா. நா. சண்முகசுந்தரம்	3	50
113.	,, II	,,	6	00
114.	மெய்ப்பொருளியல்—ஓர் அறிமுகம் - I	சி. இராமலிங்கம்	6	00

அறவியல்

115.	அறவியல்—ஓர் அறிமுகம்	கோ. மோ காந்தி	8	50

அளவையியல்

116.	அளவையியல்—தொடக்க நூல்	கி. ர. அப்புள்ளாச்சாரி	2	50

மானிடவியல்

*117.	மானிடவியல்	ம. சு. கோபாலகிருஷ்ணன்	4	75
118.	பண்பாட்டுக் கோலங்கள்	கி. பூ. சுப்பிரமணியம்	5	50
119	இந்தியாவில் குடியானவர் வாழ்க்கை	எஸ். இலட்சுமி	3	50

சமூகவியல்

120.	சமூகவியலின் அடிப்படைக் கோட்பாடுகள்	ஜே. நாராயணன்	10	50

புவியியல்

			ரூ.	பை.
121.	ஆசியா—I	கொ. சேஷ. நரசிம்மன்	9	50
122.	,, II	,,	8	75
123.	ஐரோப்பாக் கண்டத்தின் புவியியல்	ஏ. எஸ். நாராயணன்	8	50
*124.	தென்கிழக்கு ஆசியா	ஜி. கிருஷ்ணமூர்த்தி	8	50
*125.	வட அமெரிக்கா	குமாரி இரா. அலமேலு	8	25
*126.	தென் அமெரிக்கா	எம். என். பத்மநாபன்	9	00
*127.	தென் கண்டங்கள்—ஆஸ்திரேலியா	திருமதி எச். நியூமன்	4	00
*128.	,, —ஆஃப்ரிக்கா	எஸ். முத்துக்கிருஷ்ணக் கரையாளர்	3	25
*129.	புவிப்புறவியல்—II	நா. அனந்தபத்மநாபன்	6	00
*130.	செய்முறைப் புவியியல்	சு. ஜெயச்சந்திரன்	9	00
*131.	மக்கட்பரப்பியல்	வி. எஸ். அனந்தபத்மநாபன்	6	25
*132.	சமுத்திரவியல்	கோ. இராமசாமி	6	50
133.	காலநிலை இயல்—I	கொ. சேஷ நரசிம்மன்	10	00
134.	,, II	,,	5	00
*135.	காலநிலை இயல்	திருமதி இராதா	10	00
136.	வளியியலுக்கு ஓர் அறிமுகம்	கோ. இராமசாமி	11	00
*137.	புவி அமைப்பு இயல்	சி. விஸ்வநாதன்	4	75
138.	பௌதிகப் புவியியலும் புவியமைப்பியலும்	கோ. இராமசாமி	6	00
139.	சிஷோ வின் வாணிகப் புவியியல்—I	எஸ். மாணிக்கம்	9	50
140.	,, II	எம். கார்த்திகேயன்	12	00
141.	,, III	சி. எஸ். நரசிம்மன்	5	75

புள்ளியியல்

*142.	புள்ளியியல்—அறிமுகம்	சு. வைத்தியநாதன்	10	00

*மூலநூல் (Original Book)

			ரூ.	ை
143.	புள்ளியியல் முறைகள்—I	கோ. சண்முகசுந்தரம்	10	(
144.	,, II	இராஜகோபாலன்	14	0
145.	நம்மைச் சுற்றியுள்ள பேரண்டம்	தி. வி. லட்சுமிநரசிம்மன்	6	5

உயர் கணிதம்

*146.	ஆயத்தொலை வடிவகணிதம்	டி. கே. மாணிக்கவாசகம் பிள்ளை	12	50
*147.	வகை நுண்கணிதம்	,,	8	00
*148.	தொகை நுண்கணிதம்	தி. கோவிந்தராசன்	9	00

விலங்கியல்

*149.	விலங்கியல்	பெ. மா. அண்ணுமலை, இரா. முருகேசன்	12	00

பௌதிகவியல்

150.	ஒளி நூல்	ச. சம்பத்து	10	00

விஞ்ஞானம்

*151.	வானவெளி வெற்றி	டாக்டர் எம். ஏ. தங்கராஜ்	6	00
*152	ரேடியோ	,, பி. திருஞானசம்பந்தம்	4	75
*153.	எக்ஸ்-கதிர்கள்	பெ நா. அப்புசாமி, ஜே. பி. மாணிக்கம்	4	50
*154.	பாம்புகள்	பெ. மா. அண்ணுமலை	3	50
*155.	தாவரம்—வாழ்வும் வரலாறும்	டாக்டர் கு. சீனிவாசன்	8	00
*156.	கரும்பு	கு. பெரியசாமி	4	00
*157.	தாவரங்களின் வாழ்வியல்	எஸ். சுந்தரம்	6	50